

Melhoria de fluxo numa secção de tubos e câmaras de combustão

Júlio Miguel Alves da Rocha e Silva

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2015-07-01

Aos meus pais, irmãs, família e amigos.

Resumo

O projeto foi desenvolvido em duas secções produtivas de uma fábrica que produz sistemas de aquecimento de água: a secção de tubos de cobre e a de câmaras de combustão de cobre (um dos clientes da secção de tubos de cobre). O trabalho teve como foco principal a alteração de *layout* das duas secções produtivas supracitadas com vista a uma redução de desperdícios ao nível do transporte de produto e a uma perspetiva de expansão futura da secção de tubos de cobre.

Inicialmente foi dada importância ao conhecimento das secções e à identificação de desperdícios (ou *mudas*), sobretudo ao nível do transporte. Para esta sinalização de *mudas*, foi estudado o estado atual do processo produtivo, o que permitiu desenhar o rascunho da base da solução que viria a ser posteriormente desenvolvida.

Foi desenhada e executada uma melhoria do *layout* existente, assegurando desta forma a otimização dos recursos e a eliminação de desperdícios. Para quantificar os desperdícios detetados, foram utilizados *Spaghetti Diagrams* que descreviam o fluxo de produto nas várias fases do processo. Com o recurso a essa e a outras ferramentas *Lean*, foi possível apresentar uma proposta de *layout* com suporte em conceitos teóricos e validada pelas várias condicionantes impostas pela estrutura da empresa.

A solução proposta foi aprovada, e de momento encontra-se em fase de planeamento e validação para implementação. Já que a envergadura da mudança a efetuar é considerável, a mesma implica um planeamento adequado derivado do nível de entropia causada por este tipo de alterações estruturais da produção.

Analisando comparativamente a situação atual com a solução proposta, pode-se concluir que haverá reduções ao nível dos movimentos de transporte, do *Work in Process* (WIP) e, consequentemente uma aproximação do *one piece flow*.

Segundo a solução proposta, as distâncias equivalentes ao fluxo de produto são diminuídas aproximadamente em média 38 metros (redução de 48%) para a secção de tubos de cobre e 15 metros (redução de 23%) para a secção de câmaras de combustão. Também o *Key Performance Indicator* (KPI) mais valorizado pela empresa - a eficiência (medida como a redução de recursos para o mesmo *output*) - aumenta nas secções onde o projeto foi desenvolvido em 3%, o que contribui em 50% para o objetivo anual do departamento. Em termos globais, a eficiência aumenta 0.2% da eficiência global da empresa para um objetivo anual global de 4%, o que representa uma contribuição de 5%.

Flow optimization on a department of pipes and combustion chambers

Abstract

The project was developed in two productive sections from a factory that produces systems of water heating; the section of copper pipes and of combustion chambers of copper. The main goal of the project was the change of layout of the two production sections referred above, aiming to a reduction of the waste in transportation of the product and the perspective of future expansion of the sections.

Initially it was given importance to the knowledge of the sections and to the identification of the sources of waste (or *muda*), especially in the transportation. For signaling the *mudas* it was studied the current state of the production process, enabling the design of the base solution draft that was subsequently developed.

It was designed and performed further enhancing to the present *layout*, thus ensuring the optimization of resources and the elimination of waste. To quantify the detected waste it was used *Spaghetti Diagrams* describing the fluid flow in the various stages of the process. Employing this and other *Lean* tools, it was possible to develop and submit a *layout* proposal supported in theoretical concepts and validated by the various conditions imposed by the company's structure.

The proposed solution was approved, and currently it is in the planning and validation stage for the implementation. Since the magnitude of the change to be made is significant, it involves a suitable planning consequence of the entropy level caused by this type of structural changes in production.

Analyzing comparatively the current situation with the proposed solution, it can be concluded that the proposal will imply decreases in the number and level movements, reductions of the *Work in Process* (WIP), and thus an approximation of the *one piece flow*. Under the proposed solution, the medium distances of the product flow were reduced in 38 meters (48% reduction) to the copper pipes section and 15 meters (23% reduction) to the combustion chambers section. Also the most valued *Key Performance Indicator* (KPI) in the company - efficiency - increases in the sections where the project was developed in 3%, which contributes 50% to the annual target of the section. In global terms, the efficiency increases by 0.2% in the overall efficiency of the company for a global annual goal of 4%, which represents a contribution of 5%.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer às duas entidades envolvidas, tanto a FEUP como a Bosch Termotecnologia, S.A., por disponibilizarem todas as condições para a realização deste projeto, sem as quais o mesmo não teria sido possível.

Ao Engenheiro Rui Rodrigues, uma das pessoas mais inteligentes com quem já trabalhei, por ter confiado em mim para desenvolver um projeto deste calibre numa empresa de excelência como é a *Bosch*.

Agradeço também aos meus colegas da empresa, mais propriamente à Ana Casal, ao João Almeida e ao Ricardo Vasconcelos pelos conhecimentos transmitidos. Também à Eng. Ana Matos, e ao Eng. Wilson Cruz por me integrarem, a nível pessoal e profissional, no departamento.

Uma palavra à Maria, à Telma, ao Andreas, aos Andrés, e ao João por me terem acompanhado na minha primeira experiência laboral e por serem os melhores colegas de trabalho e amigos que poderia ter.

Ao professor Paulo Osswald, por todo o apoio e compreensão manifestados ao longo do projeto e pela disponibilidade que demonstrou, o que facilitou o diálogo e consequente sinergia de vontades e objetivos.

Deixo um especial agradecimento à minha tia e madrinha Rosário, que me apoiou, ajudou e elogiou frequentemente ao longo do processo de construção da dissertação, o que reforçou ainda mais o orgulho que tenho em ser afilhado dela.

Estou particularmente grato à minha família por me terem guiado e liderado por exemplo, tornando intuitiva a minha busca constante pelo sucesso. A eles devo tudo o que jamais alcancei e virei a alcançar.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto na Bosch Termotecnologia, S.A.....	1
1.2	História e Organização da empresa.....	1
1.3	Objetivos do projeto e apresentação do departamento.....	2
1.4	Método seguido no projeto.....	2
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Revisão Bibliográfica.....	4
2.1	História da Produção <i>Lean</i>	4
2.2	Bosch Production System	5
2.2.1	A história do BPS.....	5
2.2.2	Desperdícios BPS.....	6
2.2.3	Ferramentas BPS	8
3	Enquadramento do problema.....	16
3.1	Apresentação das secções de tubos de cobre e câmaras de combustão	16
3.1.1	Apresentação do Layout das secções de tubos de cobre e câmaras de combustão	16
3.1.2	Apresentação da secção de tubos de Cobre	17
3.1.3	Apresentação da secção de câmaras de combustão de Cobre.....	18
3.2	Descrição da situação atual	19
3.2.1	Secção de tubos de Cobre	19
3.2.2	Secção de câmaras de combustão	24
3.3	Identificação de desperdícios.....	28
3.4	Condições iniciais	29
4	Apresentação de proposta de alteração de <i>layout</i> das Secções de tubos e câmaras de combustão de Cobre	31
4.1	Metodologia de abordagem ao problema.....	31
4.1.1	Processo de desenvolvimento de propostas	31
4.1.2	Caderno de Encargos e Visitas de Fornecedores	33
4.1.3	Novo processo de desenvolvimento de propostas - nova área de ação	34
4.2	Descrição da solução.....	37
4.2.1	Detalhe nas alterações	37
4.3	Resultados	40
4.3.1	Spaghetti Diagrams	40
4.3.2	Área ocupada	45
5	Outros projetos.....	46
5.1	QCO de equipamento de dobrar com mandril.....	46
5.2	Implementação de Instruções Visuais no controlo de serpentinas de Cobre	49
5.2.1	Enquadramento do Problema	49
5.2.2	Abordagem e Implementação de Instruções Visuais	49
6	Conclusões e perspetivas de trabalhos futuros	51
6.1	Trabalhos futuros.....	52
	Referências	53
ANEXO A:	Caderno de Encargos.....	55
ANEXO B:	Exemplo de documento de confirmação de processo	67
ANEXO C:	<i>Value Stream Mappings e Value Stream Design</i>	68
ANEXO D:	Spaghetti Diagrams	72
ANEXO E:	Bubble Diagrams	76
ANEXO F:	Processo iterativo de propostas de <i>layout</i>	79

ANEXO G:	QCO de equipamento de dobragem com mandril.....	81
ANEXO H:	Instruções Visuais para controlo de serpentinas.....	82

Siglas

BPS – Bosch Production System

FOL – Flow-oriented Layout

KPI – Key Performance Indicators

MOE – Manufacturing and Engineering Operations

OEE – Overall Equipment Effectiveness

PDCA – Plan, Do, Check, Act

QCO – Quick Changeover

SMED – Single-Minute Exchange of Dies

TPS – Toyota Production System

TT – Thermotechnology

VSD – Value Stream Design

VSM – Value Stream Mapping

VSP – Value Stream Planning

WIP – Work in Process

Índice de Figuras

Figura 1 – Cronograma da história da Produção <i>Lean</i> até à criação do <i>Bosch Production System</i> (BPS, 2013).	6
Figura 2 – Ilustração do encobrimento dos problemas por parte da existência de <i>stocks</i> (BPS, 2013).	7
Figura 3 – Exemplo de <i>Value Stream Planning</i> (BPS, 2013).	8
Figura 4 – Melhores técnicas de aplicação de <i>Poka Yoke</i> (Shimbun, 1988).	10
Figura 5 – Exemplo de linha em U (Ott e Jones, 1999).	11
Figura 6 – Exemplo de transformação para <i>layout</i> de fluxo orientado (BPS, 2013).	12
Figura 7 – Esquema representativo de planeamento e impacto de um QCO (BPS, 2013).	13
Figura 8 - Layout das Secções de tubos, câmaras de combustão, bombas de calor, espaço livre e outras secções (periféricas, mas de outro departamento).	16
Figura 9 – Matéria prima em forma de bobine de chapa ou tubo de cobre (EconómicoTV, 2015).	17
Figura 10 - Layout atual da Secção de tubos de cobre.	17
Figura 11 – Exemplar de câmara de combustão em forma de produto acabado.	18
Figura 12 – <i>Layout</i> da secção de câmaras de combustão.	19
Figura 13 – Value Stream Mapping da secção de tubos de cobre.	20
Figura 14 – <i>Spaghetti Diagram</i> do abastecimento de matéria-prima.	21
Figura 15 – <i>Spaghetti Diagrams</i> de tubos em análise das famílias A e B e respetiva distância percorrida, d.	22
Figura 16 – Carro logístico manual (Bosch, 2015).	22
Figura 17 – <i>Bubble Diagrams</i> das famílias de tubos de cobre para esquentadores.	23
Figura 18 – <i>Bubble Diagrams</i> das famílias de tubos de cobre para caldeiras.	24
Figura 19 – <i>Value Stream Mapping</i> da secção de câmaras de combustão.	25
Figura 20 – <i>Spaghetti Diagram</i> do abastecimento de matéria-prima à secção de câmaras de combustão.	25
Figura 21 – <i>Spaghetti Diagram</i> de fluxo de componentes até às células de montagem. Célula 1 a azul, Célula 2 a Vermelho, Célula 3 a verde e Célula 4 a preto.	26
Figura 22 – <i>Spaghetti Diagram</i> de fluxo de componentes nas células de montagem e de produto montado até à entrada no forno. Célula 1 a azul, Célula 2 a Verde, Célula 3 a vermelho e Célula 4 a preto.	27
Figura 23 – <i>Bubble Diagram</i> ilustrativo do processo produtivo de câmaras de combustão para esquentadores.	28
Figura 24 - <i>Bubble Diagram</i> ilustrativo do processo produtivo de câmaras de combustão para caldeiras.	28
Figura 25 – Layout atual da secção.	29
Figura 26 – Exemplo de Stacker elétrico usado na Bosch Termotecnologia, S.A (Bosch, 2015).	30
Figura 27 - <i>Value Stream Design</i> da secção de tubos de cobre.	31

Figura 28 – <i>Value Stream Design</i> da secção de câmaras de combustão.	32
Figura 29 – Exemplo de proposta de <i>layout</i> 1.	32
Figura 30 – Proposta aproximada da final.	33
Figura 31 – <i>Layout</i> atual com destaque de equipamentos a eliminar/substituir e limite de expansão para outros departamentos.	34
Figura 32 – <i>Layout</i> proposto 1.	35
Figura 33 - <i>Layout</i> proposto 2.	35
Figura 34 – <i>Layout</i> proposto 3.	36
Figura 35 – <i>Layout</i> proposto 4.	36
Figura 36 – Proposta de <i>layout</i> final.	37
Figura 37 – Layout atual e proposto (esquerda para a direita), da prensa de lamelas da Célula 1.	37
Figura 38 - Layout atual e proposto (esquerda para a direita), das Células de montagem 2 e 3.	38
Figura 39 – Layout atual e proposto (cima para baixo), dos equipamentos de processamento de tubos de cobre e equipamentos de processamento de componentes para câmaras de combustão.	39
Figura 40 - <i>Spaghetti Diagrams</i> do abastecimento de matéria-prima.	40
Figura 41 - <i>Spaghetti Diagrams</i> da situação atual e proposta referente à família A de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.	41
Figura 42 - <i>Spaghetti Diagrams</i> da situação atual e proposta referente à família B de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.	41
Figura 43 - <i>Spaghetti Diagram</i> de fluxo de componentes até às células de montagem. Célula 1 a azul, Célula 2 a verde, Célula 3 a vermelho e Célula 4 a preto.	42
Figura 44 - <i>Spaghetti Diagram</i> de fluxo de componentes nas células de montagem e de produto montado até à entrada no forno. Célula 1 a azul, Célula 2 a Verde, Célula 3 a vermelho e Célula 4 a preto.	44
Figura 45 – Equipamento de dobragem com mandril.	46
Figura 46 – Ferramentas do equipamento.	47
Figura 47 – Aparafusadora pneumática.	47
Figura 48 – Esquema da estrutura proposta.	48
Figura 49 – Instruções Visuais presente no posto de trabalho.	50

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tabela de Família de tubos de Cobre a analisar, respetiva % de produção e dados de transporte(adaptado de Domingo et al, 2007).....	20
Tabela 2 - Distância percorrida em metros no processamento de tubos e tempo despendido correspondente.....	23
Tabela 3 – Tabela de dados de transporte de componentes de câmaras de combustão (adaptado de Domingo et al, 2007).	24
Tabela 4 - Distância percorrida em metros no processamento de componentes até às células de montagem.	26
Tabela 5 - Distância percorrida em metros no transporte das câmaras de combustão montadas nas células de montagem até à entrada do Forno.	27
Tabela 6 - Distância percorrida em metros no processamento de tubos, tempo despendido correspondente em segundos e comparação com dados atuais.	42
Tabela 7 – Distância percorrida pelos componentes em metros até às células de montagem e comparação com a distância percorrida atual.....	43
Tabela 8 - Distância percorrida, em metros, no transporte das câmaras de combustão montadas nas células de montagem até à entrada do Forno e comparação com realidade atual.	44
Tabela 9 – Tabela de especificação de número e tipo de parafusos utilizados para a fixação de ferramentas	47
Tabela 10 - Tempo standard tabelado para execução de tarefa em segundos	48
Tabela 11 – Tempos de ciclo de tubos mais produzidos no equipamento em análise.	48

1 Introdução

1.1 Enquadramento do projeto na Bosch Termotecnologia, S.A.

A empresa onde o projeto foi realizado é a Bosch Termotecnologia, S.A. e, mais especificamente, o projeto decorreu nas secções de tubos e câmaras de combustão de cobre. A motivação do projeto surge no título “Melhoria de fluxo numa secção de tubos e câmaras de combustão”, e da procura de um fluxo mais direto e curto na secção de tubos de cobre, que abastece a secção de câmaras de combustão, assim como as linhas finais de montagem de esquentadores, caldeiras e bombas de calor; e na secção de câmaras de combustão, que tem como clientes as linhas finais de esquentadores e caldeiras.

A oportunidade para realizar o projeto surge associada ao facto do departamento se ter deparado com a necessidade de redefinir o *layout* produtivo, aproveitando uma área contígua liberta e com vista à sua expansão.

Trata-se de um projeto ambicioso, já que a necessidade de expansão é sintomática da importância destas secções para a empresa e dada a dimensão da área de intervenção, que é superior a 1700m^2 .

1.2 História e Organização da empresa

A génese da existência da atual Bosch Termotecnologia S.A. dá-se quando a empresa Vulcano iniciou a sua atividade de fabrico de esquentadores em Cacia, Aveiro, no ano de 1977. Numa fase inicial, a empresa baseia o seu funcionamento num contrato de licenciamento estabelecido com a *Robert Bosch* para a transferência da tecnologia utilizada pela mesma nos esquentadores *Junkers*, então produzidos na Alemanha (Vulcano, 2015).

Uma sólida estratégia de vendas a somar à qualidade dos esquentadores produzidos, culminou na liderança do mercado nacional de esquentadores. Em 1988, com a aquisição da maioria do capital – até então totalmente nacional – por parte do Grupo *Bosch*, a fábrica Vulcano, nova Vulcano Termodomésticos SA, passa a integrar a divisão de Termotecnologia da *Bosch*. A partir deste momento são transferidos para Portugal equipamentos e competências que permitem dar início a um processo de especialização dentro do grupo.

Desde 1992, a empresa apresenta-se como líder do mercado europeu e o terceiro produtor mundial. Em 1993, a Vulcano Termodomésticos SA criou um centro de Desenvolvimento e Investigação em Aveiro, estando sob a tutela do mesmo a conceção e desenvolvimento de novos produtos bem como a fabricação e comercialização.

A empresa continuou a alargar a sua gama de produtos e impulsionada pelo seu competente departamento de I&D, iniciou, em 1996, a produção de caldeiras murais a gás, constituindo atualmente uma parte importante do negócio.

O constante foco na inovação permite que a Vulcano, em 2001, escreva mais uma página na história do mercado dos esquentadores ao lançar no mercado esquentadores compactos, que

reduzem em cerca de 27% o tamanho do aparelho. A partir de 2008 a designação oficial da empresa passa a ser Bosch Termotecnologia S.A., o que acontece até aos dias de hoje.

No mês de Março de 2015, a Bosch Termotecnologia S.A. bateu o *record* absoluto de faturação num mês, o que é naturalmente sintomático de uma empresa que tem excelentes perspectivas futuras (Larguesa, 2015). Para além destes resultados, o Grupo *Bosch* irá construir um novo centro de investigação e desenvolvimento em Aveiro. Este centro de I&D, de tecnologias com foco na conectividade dos aparelhos, na eficiência energética e redução de emissões permitirá criar cerca de cento e cinquenta postos de trabalho na área da engenharia até ao ano de 2020. Para que tal aconteça, serão investidos vinte e cinco milhões de euros para o projeto.

1.3 Objetivos do projeto e apresentação do departamento

O projeto decorreu no MOE3, ou departamento de *Manufacturing and Engineering Operations* 3, responsável pelas secções produtivas de tubos de cobre, câmaras de combustão de cobre e bombas de calor.

A necessidade de desenvolvimento do projeto deveu-se sobretudo à verificação de um grande desperdício ao nível do transporte e a uma perspectiva de expansão da secção de tubos de cobre, o que originou a oportunidade de reformular o *layout* das secções de tubos de cobre e câmaras de combustão.

Sendo assim, os objetivos estabelecidos para o projeto foram:

- Redução de desperdício de transporte de produto ao longo do processo produtivo e consequente redução de ocupação dos operadores logísticos;
- Criação de *layout* com conceito de expansão de capacidade produtiva da secção de tubos de cobre – recorrendo à adição de dois novos equipamentos;
- Criação de *layout* orientado por fluxos de material otimizado para as famílias de produto de maior volume de produção.

1.4 Método seguido no projeto

Inicialmente, foi efetuada uma revisão de literatura de modo a aprofundar diversos conhecimentos relevantes para a criação de fluxo contínuo. A par deste estudo de ferramentas *Lean* (complementado pelo estudo do *Bosch Production System* e das suas ferramentas), foram também feitas visitas ao *Gemba*¹, de forma a conhecer o mesmo de forma profunda. Esta sinergia entre uma introdução teórica específica e o conhecimento do processo, teve uma importância primordial, para que pudessem ser imediatamente identificados desperdícios e a forma de abordar os mesmos.

Foram usados *Spaghetti Diagrams* por fases do processo produtivo, com o intuito de analisar o fluxo de produto. Esta análise – bastante complexa devido ao elevado número de famílias de produto e de número de componentes diferentes – permitiu quantificar aproximadamente os desperdícios ao nível do transporte. Usando estes dados, foram iniciados os desenhos de propostas, inicialmente em papel e posteriormente recorrendo ao *software* AutoCAD. Este desenvolvimento de *layouts* foi condicionado por premissas definidas de acordo com a estratégia do departamento e com a orientação de fluxo. Ao longo do desenvolvimento das propostas, juntaram-se mais condicionantes à equação que permitiram polir os erros das

¹ *Gemba* – Chão de Fábrica

propostas anteriores. Foi também notório que, no decorrer da construção de propostas, a visão do funcionamento das secções tornou-se bastante mais clara, o que permitiu ter uma abordagem mais macro e, conseqüentemente, ter um maior impacto no departamento.

Posteriormente foi elaborado um Caderno de Encargos, presente no Anexo A, de forma a consultar fornecedores e a orçamentar a mudança. Trata-se de um documento deveras complexo e deve contemplar com bastante detalhe várias questões relacionadas com uma mudança de secção produtiva, pelo que foi necessário proceder à recolha das especificações de alimentação de todos os equipamentos a transportar. Houve várias reuniões com fornecedores e os mesmos realizaram visitas de forma a esclarecer dúvidas inerentes à mudança para posteriormente poderem orçamentá-la.

Porém, e após desenvolvimento de várias propostas de fluxos otimizados, o espaço designado para a mudança foi impedido pela administração de ser utilizado devido à implementação futura de uma nova linha produtiva de aparelhos a designar. Sendo assim, foram efetuadas novas análises aos fluxos, já que a nova solução proposta se tratava de uma reformulação de *layout* na própria área, ainda que com a expansão para áreas periféricas, ao invés de uma deslocação da área de ação para um espaço livre, como na solução inicial.

1.5 Estrutura da dissertação

O trabalho que aqui se apresenta encontra-se estruturado em cinco capítulos.

No capítulo dois é efetuada uma revisão bibliográfica sobre os temas, conceitos e ferramentas utilizados no desenvolvimento do projeto.

Por sua vez, no capítulo três são contextualizadas, refletindo os contatos iniciais com o chão de fábrica, as áreas de ação no departamento onde o projeto é executado e são elencados sumariamente os problemas detetados.

O capítulo quatro destina-se à abordagem ao problema, descrevendo os critérios subjacentes à procura de soluções e análise das respetivas vantagens, sendo depois apresentada em detalhe a solução final.

No capítulo 5, são descritos outros projetos desenvolvidos paralelamente ao projeto principal mas resultantes de oportunidades nele detetadas. É exposta uma proposta de melhoria de mudança de ferramenta e a implementação de Instruções Visuais num posto de trabalho.

No sexto e último capítulo, são enunciadas as conclusões retiradas deste projeto e são sugeridas propostas de trabalhos a realizar no futuro.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 História da Produção *Lean*

Segundo Womack *et al* (1990), o sistema de produção *Lean* surgiu na indústria automóvel, ou como Peter Drucker a nomeou, “a indústria das indústrias”. O termo *Lean* foi introduzido pela primeira vez por James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos no livro “*The Machine that Changed the World*”, em 1990, introduzindo um conceito derivado do *Toyota Production System*.

Depois da primeira Guerra Mundial, Henry Ford e Alfred Sloan (*General Motors*) estabeleceram a era da produção em massa após séculos de produção artesanal liderada por empresas europeias. O desenvolvimento deste novo sistema produtivo, juntamente com outros fatores, permitiu que os Estados Unidos passassem a dominar a economia mundial (Womack *et al*, 1990).

Paralelamente a estes acontecimentos deu-se a fundação da *Toyota Motor Corporation*, que remonta a 1926, quando Sakichii Toyoda estabeleceu o seu negócio de teares automáticos para tecelagem e fiação (Toyota, 2015). Quando Sakichi faleceu, em 1930, a *Toyota* apresentava grandes dificuldades financeiras, com o mercado automóvel nipónico sendo monopolizado pelas americanas *Ford* e *General Motors*. Apesar disto, a crença no sucesso por parte do seu filho Kiichiro, permitiu que este desenhasse o modelo AA (também conhecido por A1), usando maioritariamente componentes da Ford e GM para a construção do mesmo (Holweg, 2007).

Quando em 1943 Taiichi Ohno se junta à equação, com uma mente não formatada derivado do facto de nunca ter trabalhado na indústria automóvel, o japonês constata que os sistemas de produção ocidentais apresentavam duas grandes falhas: primeiro, ele verificou que quando a produção era efetuada em grandes lotes, estava implícita a geração de grandes inventários, o que suscitaria custos de armazenamento; segundo, identificou a dificuldade de satisfazer as preferências do cliente no que toca à flexibilidade dos seus pedidos. Henry Ford, nos anos 20, já tinha aprendido a lição relativamente a este segundo ponto detetado por Ohno quando as vendas do “Modelo T” da *Ford* caíram drasticamente, favorecendo a *Chevrolet*, que oferecia a possibilidade de escolher a cor do automóvel, assim como a adição de extras (Holweg, 2007).

A partir de 1948, Ohno solidificou o conceito de produção em pequenos lotes. Nesta altura o seu grande foco era a redução de custo de produção por via da eliminação de desperdício, ou *muda*, em japonês. Tal como Eiji Toyoda, Ohno passa a efetuar visitas constantes a fábricas da indústria automóvel americana e, fruto destas visitas, incorporou algumas ideias chave que foi desenvolvendo continuamente. Ohno apontou como os dois grandes conceitos *core* iniciais da sua visão, o *Just in Time* e o conceito de automação (Ohno, 1988). É importante referir que esta não era a primeira vez que a *Toyota* estudava unidades fabris estrangeiras; o conceito de “*takt time*”, ou originalmente “*Produktionstakt*” deriva precisamente de uma visita de uma delegação japonesa da *Toyota* à indústria aeronáutica alemã.

Por volta de 1955, Shigeo Shingo é requisitado pela Toyota como consultor que tinha previamente apresentado e desenvolvido o *Single-Minute Exchange of Dies* (SMED), uma metodologia que permite que o tempo de *Changeover* seja drasticamente reduzido. Esta redução de tempo de mudança de ferramenta vai de encontro ao foco que Ohno traçou para o sucesso da *Toyota*: produzir em pequenos lotes – o que de acordo com a lógica económica da altura, não era viável – e com grande variedade (Shingo, 1985).

Esta filosofia resultou numa capacidade única de produzir automóveis, com uma variabilidade considerável de modelos, mas em pequenos volumes, a um custo competitivo, enfrentado assim a convencional abordagem de produção em massa. Desta forma, na década de 50, toda a indústria automóvel japonesa somada produzia anualmente o equivalente a três dias de produção nos Estados Unidos.

Segundo Womack e Jones (2010), o modelo de produção da *Toyota*, o *Toyota Production System* (TPS), tinha como objetivo a criação de valor e a eliminação de desperdício. Assim, focava-se em eliminar todas as atividades que não acrescentam valor ao produto final, possibilitando um aumento da produtividade.

É possível considerar que Ohno inventou um novo estilo de produção. Porém, este novo estilo derivou de um ciclo de aprendizagem iterativa contínua que se prolongou por décadas a fio. Basicamente, o grande catalisador da metodologia TPS foi o foco constante na aquisição de conhecimento. A *Toyota* adoptou para a sua produção vários elementos do sistema da *Ford* e hibridizou-os num sistema engenhoso adornado com ideias originais influenciadas também por indústrias diferentes, como a têxtil.

2.2 Bosch Production System

O *Bosch Production System* (BPS) é o sistema de produção adotado pela *Bosch*. Com vista à correta implementação do mesmo, foi criado um manual, desenvolvido ao longo dos anos, o BPS (2013).

2.2.1 A história do BPS

Um dos catalisadores para a criação do BPS foi um questionário feito em 1999 aos clientes da *Bosch*, que obteve um *feedback* negativo com críticas ao desempenho da empresa: os produtos eram lançados com defeitos, por vezes era difícil trabalhar com a *Bosch*, era lenta na abordagem ao cliente, entre outras falhas.

A administração da empresa decidiu intervir e estabeleceu a missão BeQIK, que apontava para uma melhoria contínua nos processos internos. Desde uma fase inicial que o grande foco do BPS foi o de obter uma produção livre de desperdício.

Em 2001, no seguimento das atividades da BeQIK, a administração decidiu encarregar uma equipa da responsabilidade de projetar um sistema de produção para que o mesmo viesse a ser implementado. Deste projeto, resultou o *Bosch Production System*, lançado em 2002, um sistema de produção baseado nos conceitos *Lean*. (Figura 1)

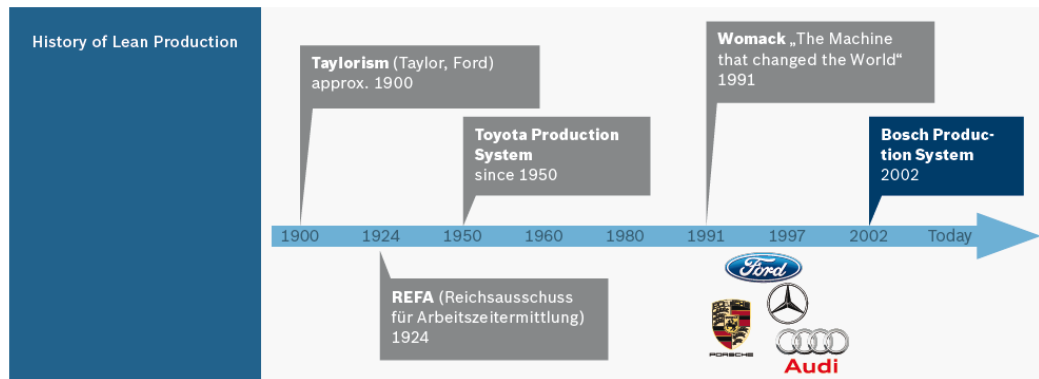


Figura 1 – Cronograma da história da Produção *Lean* até à criação do *Bosch Production System* (BPS, 2013).

Entre 2002 e 2007, os conceitos *core* do BPS foram revistos e divididos em princípios e elementos.

Para tal – e seguindo os passos da Toyota – vários sistemas de produção de outras organizações foram analisados, tais como a própria pioneira *Toyota*, *Daimler*, *Valeo* e *Porsche*. A juntar ao projeto central BPS, as várias divisões também criaram departamentos BPS. Estes departamentos eram responsáveis por implementar atividades como a estruturação de procedimentos a seguir, centros de treino BPS, a implementação de *tours* entre elementos de várias unidades fabris de diferentes países, entre outras. Para além disso, outras ferramentas foram estabelecidas, tais como o *Planning Guideline*, cujo objetivo era efetuar uma aproximação sistemática ao *design* ideal de uma produção e logística de baixo desperdício.

A partir de 2007, o BPS expandiu-se exponencialmente pelas várias plantas da empresa, passando a ter um departamento não apenas nas divisões, mas também em todas as fábricas.

Desde a sua introdução em 2002, o BPS tem vindo a desenvolver-se consistentemente. A organização considera de grande pertinência a constante melhoria e implementação de um sólido sistema de produção. Mais do que uma implementação “de acordo com o o que está no livro do sistema de produção”, pretende-se assimilar a mentalidade BPS, seja ela pensar para além da área de responsabilidade de cada um, a compreensão de sistemas, e acima de tudo perceber que o BPS é um sistema transversal a todas as tarefas dentro da organização e que a mesma só atingirá resultados sustentáveis e constantes se todos os intervenientes pensarem e agirem holisticamente.

2.2.2 Desperdícios BPS

Todos os tipos de processos são compostos por ações que acrescentam valor e ações que não acrescentam valor.

As ações de valor acrescentado são as que aumentam o valor do produto, e, por tal, o cliente está disposto a pagar por elas. O objetivo passa por otimizar essas atividades.

As ações de valor não acrescentado não geram um aumento do valor do produto. Estas incluem atividades que são necessárias e auxiliam as ações de valor acrescentado. O objetivo passa por minimizar estas. Ainda assim, existem ações de valor não acrescentado que não auxiliam as ações de valor acrescentado, pelo que estas devem ser eliminadas.

Na distinção de ações de valor acrescentado e de valor não acrescentado é pertinente na deteção de desperdícios, o que permite identificar objetivos de ações a melhorar e daquelas a eliminar. Segundo o BPS existem sete tipos de desperdício:

- Sobreprodução: Acontece quando algo é produzido sem uma encomenda específica, ou quando é produzido numa quantidade superior à requerida pelo cliente. Na perspetiva do BPS, é o mais grave dos desperdícios.
- Stocks excessivos: Os stocks podem estar sob forma de matéria-prima, peças para montagem, produto semi-acabado ou acabado. Estes escondem os verdadeiros problemas dos processos de valor-acrescentado, tais como avarias de equipamentos ou falta de qualidade de manufatura, já que servem como *buffer* e dificultam a exposição e deteção imediata das mesmas. (Figura 2)

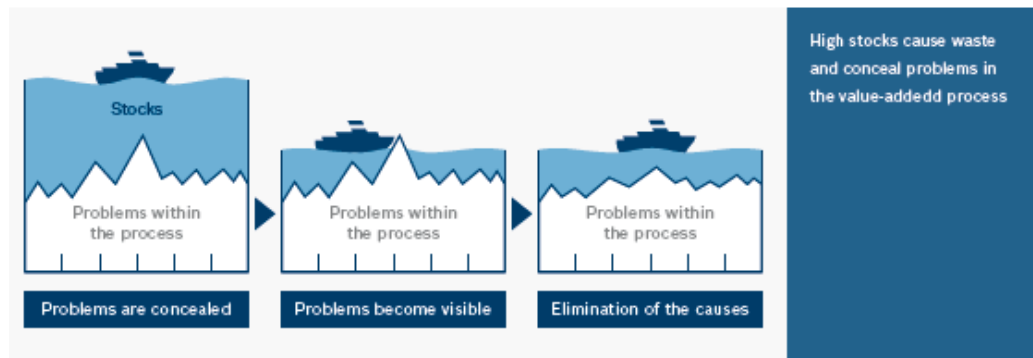


Figura 2 – Ilustração do encobrimento dos problemas por parte da existência de *stocks* (BPS, 2013).

Desta forma, reduzindo *stocks*, os problemas deixam de estar “encobertos”, o que permite que as causas sejam identificadas e posteriormente eliminadas. Este tipo de desperdício origina custos de armazenamento, ao contrário do que acontece num fluxo ideal, direto de processo para processo (*one-piece flow*).

- Espaço: Sobreproduzir, ter equipamentos que são demasiado grandes, ou um *layout* de fluxo não orientado aumentam a quantidade de espaço requerido, que por sua vez originam rotas longas e de valor não acrescentado, aumentando o tempo necessário para efetuá-las. Em adição, os custos de espaço e área aumentam, naturalmente.
- Movimentações desnecessárias: Ocorrem quando, por exemplo, os colaboradores têm de contornar um obstáculo, encontrar ferramentas ou peças ou percorrer uma longa distância para recolher materiais. Estas movimentações resultam em processos longos e tempos de espera, que por sua vez originam *lead times* longos e baixa produtividade.
- Transporte: É comumente necessário movimentar materiais e produtos de um lugar para outro. O transporte altera a posição, mas não a condição ou estado, do produto, pelo que não contribui para o processo de valor acrescentado. Sendo assim, o transporte “prende” os recursos – humanos e materiais – e gera tempos de espera que resultam em custos. Para além disso, aquando da ação de transporte, os produtos ou materiais podem ser danificados.
- Tempos de espera: Tempos de espera são períodos sem atividade por parte dos equipamentos e colaboradores. Ocorrem, por exemplo, por falta de material, tempos de processo lentos ou falhas no sistema. Este desperdício resulta num processo demorado e consequente pobre produtividade.
- Erros/Retrabalho: Se a qualidade do produto é defeituosa ou não vai de encontro aos requisitos do cliente, a mesma tem de ser reparada ou retrabalhada. Estes retrabalhos disturbam o fluxo produtivo, diminuindo a produtividade e aumentando os custos de produção. O resultado é uma parca capacidade de entrega, o que danifica a imagem da empresa e a consequente perda da confiança dos clientes.

2.2.3 Ferramentas BPS

Value stream planning:

O método *Value Stream Planning*, ou VSP, é usado para compreender totalmente e documentar os processos de criação de valor acrescentado, ou seja, todo o fluxo de material e informação pelo qual um produto passa ao longo do *Value stream* (Hines e Rich, 1997). O VSP (exemplo na Figura 3) consiste em dois componentes: *Value Stream Mapping* (VSM), que é construído a partir da observação da situação atual no local e *Value Stream Design* (VSD), que serve para desenvolver e visualizar a situação futura alvo.

O objetivo do VSP é o de alinhar cada fase do processo de criação do produto com os requisitos do cliente e, ao fazê-lo, evitar qualquer desperdício (Rahani e al-Ashraf, 2012).

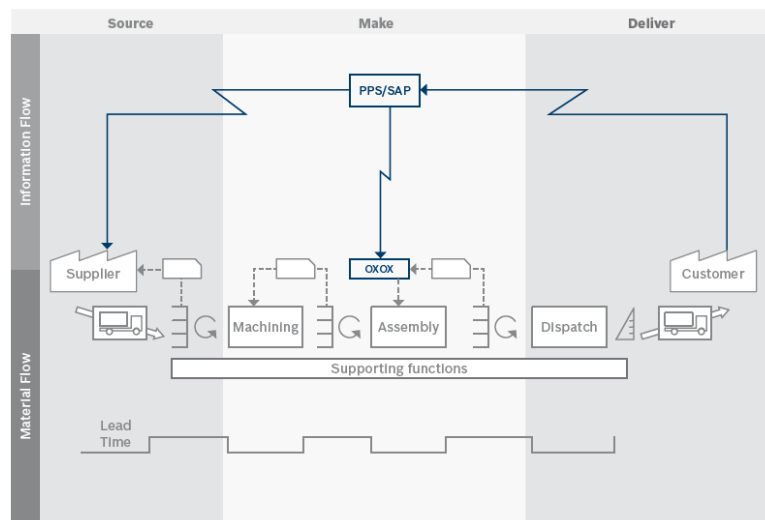


Figura 3 – Exemplo de *Value Stream Planning* (BPS, 2013).

Para que possa ser aplicado, primeiro deve ser definida a área sob consideração e efetuar o estudo com base numa família de produtos ou num produto representativo.

O VSP começa no cliente – ou encomenda – e decorre no sentido contrário ao do fluxo de material. No processo, os dados dos fluxos de material e informação são guardados (tempo de ciclo, *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), número de colaboradores, entre outros) assim como calculados os *lead times* e as distribuições de *stock*.

Trabalho Standardizado:

A uniformização de ações contempla que as mesmas devem ser executadas da mesma forma e de acordo com os mesmos padrões de qualidade, independentemente da pessoa ou dia. Assim, todos os colaboradores recebem informação uniforme, referente a todas as operações repetitivas, como em montagens, *setup* ou *Single-Minute Exchange of Dies* (SMED), logísticas ou de garantia de qualidade.

A standardização de atividades permite evitar erros, garantir valores de qualidade estáveis, orientar e integrar novos colaboradores mais eficientemente e garantir e otimizar a segurança e ergonomia do processo, como por exemplo a instrução para usar luvas no processo de montagem de uma câmara de combustão.

Segundo Coimbra (2009), o trabalho standard significa minimizar e padronizar a movimentação dos trabalhadores. Para que tal aconteça, os movimentos do colaborador devem ser fluídos e sem qualquer tipo de dificuldades.

O processo de standardização é implementado de acordo com a metodologia PDCA, ou *Plan, Do, Check e Act*.

Inicialmente, é trabalhado e documentado o melhor método atual para executar uma atividade com o envolvimento de todas as partes. O standard é definido no final desta tarefa de *Plan(ning)*. Numa fase posterior, os colaboradores serão instruídos de acordo com o standard, seguindo por exemplo o *Four-Step Method*², que corresponde à fase de *Do(ing)*.

Através de confirmações de processo regulares, são verificadas as conformidades com o standard definido, ou seja, é feito o *Check(ing)*.

Se forem detetados quaisquer desvios ao standard, são tomadas medidas de forma a proceder a correções convenientes; trata-se da fase de *Act(ing)*.

5S – Ordem e limpeza:

5S é um método usado para melhorar sistematicamente a limpeza e ordem numa determinada área de ação, seja no *shop floor*³ ou no escritório.

Os 5S foram desenvolvidos pela *Toyota* e são:

- *Sort/Seiri* – Remover objetos desnecessários presentes na área de trabalho;
- *Straighten/Seiton* – Sistematizar e dispor ergonomicamente todos os objetos;
- *Sweep/Seiso* – Limpar a área de trabalho e objetos;
- *Standardize/Seiketsu* – Definir e ajustar os standards;
- *Self-discipline/Shitsuke* – Manter consistentemente os standards;

Espera-se dos 5S que desperdícios, como o de tempo de espera derivado da procura de peças ou ferramentas, tempos de transporte ou espaço usado ineficientemente, sejam evitados (Peterson e Smith, 1998).

Uma melhoria na transparência do processo torna desvios aos standards visíveis, assim como melhora a qualidade da área de trabalho, aumenta a eficiência derivado de um procedimento standardizado livre de ações como procurar objetos.

Com o intuito de monitorizar áreas com os 5S já implementados, são efetuadas confirmações de processo regulares, sob forma de auditorias 5S.

Poka Yoke:

Segundo (Shimbun, 1988), *Poka Yoke*⁴ é um método com o qual os erros não intencionais podem ser evitados. É implementado com o intuito de prevenir erros tais como instalações incorretas, fases de trabalho omitidas, erros dos operadores, por exemplo. Na Figura 4 são apresentadas as cinco melhores técnicas de aplicação de *Poka Yoke*.

² *Four-Step Method* - Este método consiste numa formação metódica que abrange uma preparação do formando e a explicação dos objetivos. Posteriormente, a nova atividade é apresentada e explicada. Numa fase seguinte, dá-se o início da execução da atividade e finalmente, o método termina quando a atividade é realizada sem erros cometidos.

³ *Shop floor* – equivalente a chão de fábrica.

⁴ *Poka* – Erro não intencional; *Yokeru* – Evitar

Medidas técnicas simples mas efetivas são tomadas de forma a evitar precisamente este tipo de erros supracitados e, de imediatamente proceder à sua retificação, assegurando que o produto final não tem defeitos.

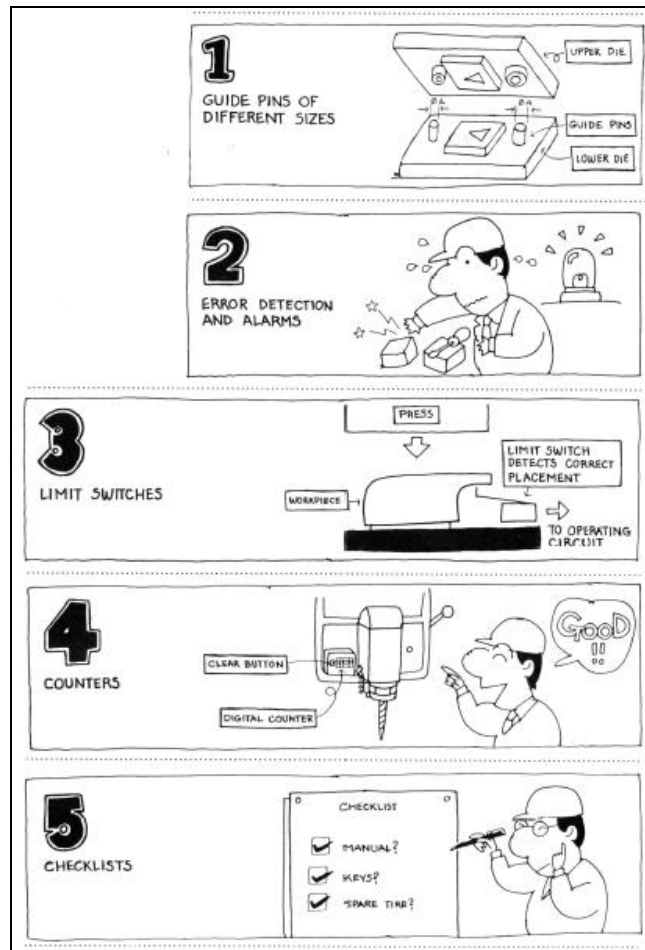


Figura 4 – Melhores técnicas de aplicação de *Poka Yoke* (Shimbun, 1988).

Design de linha Lean:

O *Lean Line Design*, ou LLD, é um método que serve para implementar os princípios do BPS no design ou redesign de sistemas de manufatura manuais ou parcialmente automáticos. Segundo Coimbra (2009), idealmente, uma linha *one-piece flow* deveria atingir um estado de movimento contínuo desde a matéria-prima até ao produto acabado, sem qualquer tipo de paragens no entretanto.

O LLD aplicado a uma mudança de *layout* é frequentemente requisitado quando o atual apresenta as seguintes características:

- O grau de automação apresenta-se entre o manual e o semi-automático;
- Os colaboradores são responsáveis por mover o produto de estação para estação;
- A capacidade da linha é flexível, assim como o número de colaboradores destinados à mesma é variável;
- As atividades não cíclicas – como as logísticas – são efetuadas por colaboradores responsáveis pelo reabastecimento de material;

Com uma linha *Lean* é possível adaptar as quantidades de produção com relativa flexibilidade de forma a dar resposta aos pedidos variáveis por parte dos clientes, pelo que está intrínseco que é necessário criar condições de formação de colaboradores e de planeamento: quanto maior a quantidade requerida pelo cliente, mais colaboradores serão alocados à linha produtiva. Se a quantidade requerida pelo cliente reduzir, o número de colaboradores deve ser diminuído, e o trabalho a realizar seria, portanto redistribuído pelos restantes, de acordo com esse decréscimo produtivo. É intuitivo perceber que num caso ideal, a produtividade manter-se-ia constante (Jia *et al*, 2013).

Já que um funcionário é passível de ser encarregue de bastantes estações de trabalho numa linha *Lean*, isto significa obviamente que o mesmo se tem de deslocar de estação para estação de trabalho. Uma linha *Lean* - à semelhança das células produtivas - é, portanto, usualmente em forma de U, como apresentado na Figura 5, com o intuito de tornar curtas as deslocações dedicadas à mudança de um posto de trabalho para outro.

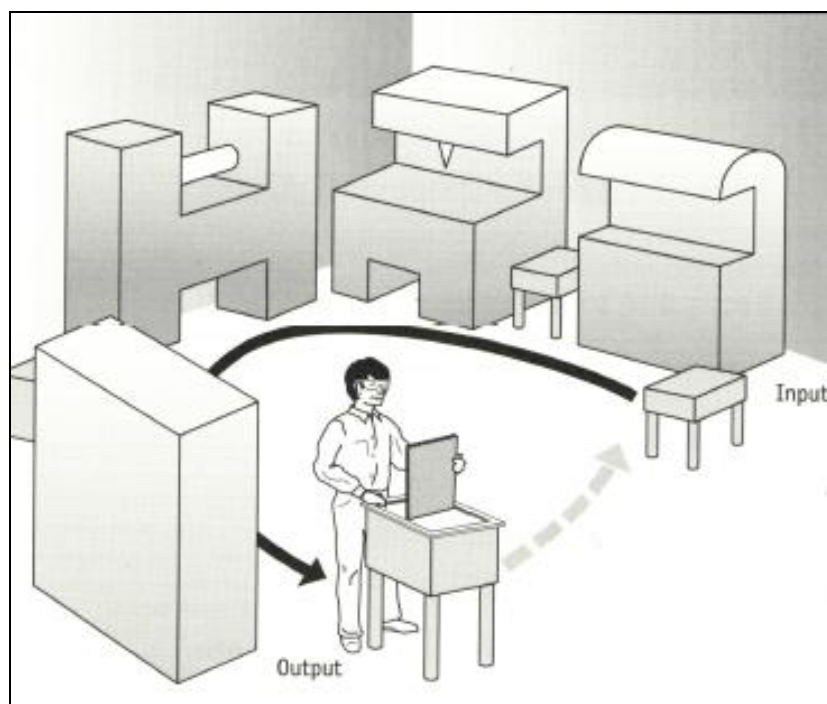


Figura 5 – Exemplo de linha em U (Ott e Jones, 1999).

Sendo assim, o objetivo da construção ou reconstrução de uma linha *Lean* prende-se com alcançar uma elevada e constante produtividade, mesmo com pedidos diferentes por parte dos clientes, assim como uma carga de trabalho flexível que permita dar resposta a vários cenários de procura.

Para proceder à implementação do LLD, o ponto inicial passa por planear a movimentação dos colaboradores. De acordo com Rother e Harris (2001), devem ser considerados diversos aspetos na organização/reorganização de uma linha tais como medição de tempos de operação, definição do *layout*, análise de equipamentos e gestão de material.

O *layout* da linha é configurado e desenvolvido de acordo com conceitos logísticos tais como abastecimento de material, bordos de linha, entre outros. Numa fase seguinte é efetuado o planeamento de colaboradores necessários e da distribuição do volume de trabalho; são também efetuadas várias simulações de volumes de produção diferentes. Numa fase final, a

linha é testada, colocada operacional e subsequentemente estabilizada com a ajuda dos testemunhos e indicadores apresentados nos *Point CIP*⁵.

Flow-Oriented Layout:

O método *Flow Oriented Layout*, ou FOL, pode ser utilizado para elaborar o *design*, ou melhorar um já existente, de uma unidade fabril, secção ou linha de produção. Este método visa a que exista um baixo desperdício no abastecimento de material, desperdício este que neste caso é medido em espaço percorrido desnecessário. O fluxo de informações e materiais deve também ser intuitivo e facilmente perceptível. Esta transparência requer uma rápida comunicação e rápida deteção de desperdício; tudo características de um processo de melhoria contínua.

Para Rother e Harris (2001), existem três tipos de fluxo:

- Informação: Num fluxo de informação com qualidade, o *target* produtivo por unidade de tempo – seja horário ou por turno – deve ser conhecido por todos;
- Material: Idealmente, o produto deve seguir de uma estação de trabalho imediatamente para a subsequente;
- Operadores: O trabalho dos operadores deve ser standard e consistente. O operador deve também ter as ferramentas necessárias para que, de forma eficiente, seja capaz de passar de uma ação de valor acrescentado para outra;

Durante a fase inicial de implementação do FOL, é realizado o levantamento de dados relevantes sobre o fluxo específico do material, produtos e processos, tais como espaço, equipamentos, capacidade, rotas, entre outros; tudo de uma forma devidamente estruturada.

Num planeamento cujo contexto é ainda de rascunho, são apresentadas várias alternativas de *layouts* em bloco, como na Figura 6, e estas são avaliadas usando *Key Performance Indicators* como por exemplo o espaço para bordos de linha, supermercados e secções produtivas, *lead time*, esforço, distância de transporte e eventuais expansões de secções futuras.

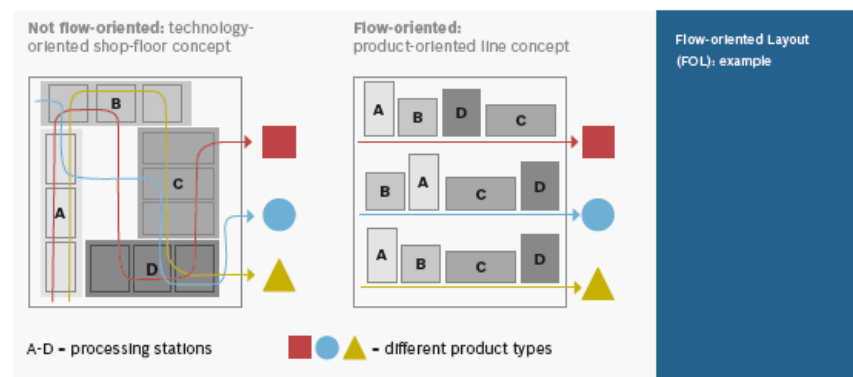


Figura 6 – Exemplo de transformação para *layout* de fluxo orientado (BPS, 2013).

Numa fase mais avançada, onde o planeamento já é mais detalhado, é também desenvolvido um *layout* mais minucioso para a alternativa selecionada, no qual é definida a disposição exata dos equipamentos.

⁵ *Point CIP* – ou *Point Continuous Improvement Process* - são reuniões diárias cujo principal objetivo é o de standardizar o processo para que o mesmo seja sustentavelmente estável.

Quick Changeover:

Quick Changeover, ou QCO, é um procedimento que deriva do SMED, e que visa a otimizar as mudanças de ferramentas de equipamentos, o que acontece quando os mesmos têm de ser alterados e preparados de forma a proceder à posterior produção de um produto com características diferentes.

O SMED, idealizado por Shigeo Shingo, para Coimbra (2009) tem como principal objetivo, reduzir ao máximo o tempo de *Changeover*, tal como esquematizado na Figura 7. Esta melhoria é medida em termos de tempo reduzido de operação de mudança. Quanto menos tempo um equipamento estiver inativo, maior será o tempo disponível para produção, logo haverá um consequente aumento do OEE do equipamento e menor o *lead time*.

O principal objetivo da QCO é a redução da indisponibilidade do equipamento, o que torna possível a troca de referência de produto ser bastante flexível. Desta forma, é possível colocar uma estação de trabalho a executar a sua função mas com parâmetros ou ferramentas diferentes, o que origina a possibilidade de produzir em pequenos lotes, tal como requerido para executar o *Heijunka*, ou nivelamento da produção.

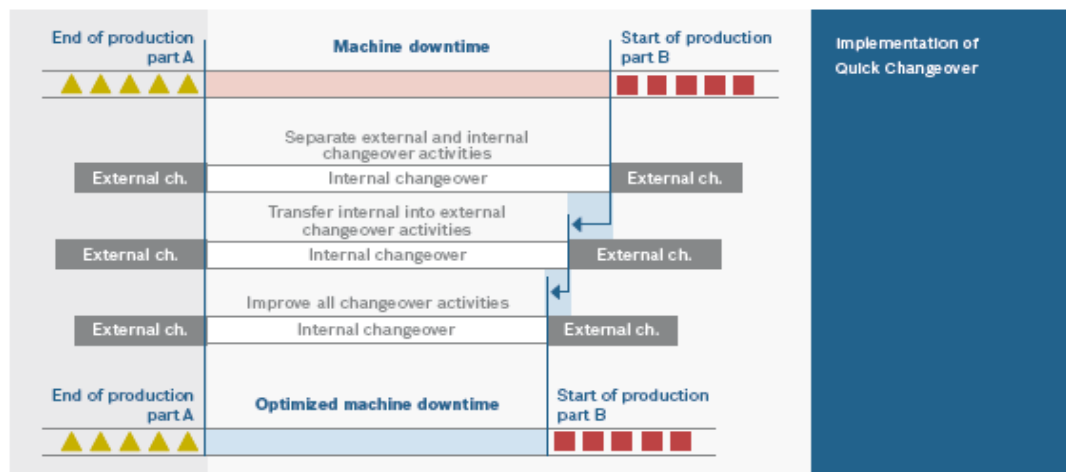


Figura 7 – Esquema representativo de planeamento e impacto de um QCO (BPS, 2013).

O procedimento a seguir para a implementação da QCO divide-se em três áreas:

- Estruturação de ações: Efetuar a recolha de todas as ações executadas e classificá-las como ações internas ou externas. As ações externas são as que podem ser executadas enquanto o equipamento está em uso; as ações internas são as que apenas são possíveis de realizar com o equipamento parado. Deve-se procurar reduzir a duração de execução de ações internas, tanto por melhorias nos procedimentos como por transformação de ações internas para externas.
- Optimização de ações: Por exemplo, é possível reduzir rotas, providenciar ferramentas externas que simplifiquem ações, standardizar operações de montagem e reduzir variáveis de ferramentas;
- Melhoria da organização: Por exemplo, reorganizar ações como deslocar vários colaboradores simultaneamente para uma atividade.

Spaghetti Diagram:

O *Spaghetti Diagram* é bastante pertinente na análise de fluxos pois torna gráficas e intuitivas as deslocações efetuadas para satisfazer o fluxo em questão. É utilizado para detalhar, através de representação por uma linha no *layout* em análise, o fluxo atual e as distâncias correspondentes efetuadas aquando do processamento do produto. É bastante útil na

identificação do desperdício de transporte e deslocações, e consequentemente é fácil de concluir após essas constatações, quais as que se deve procurar eliminar através de uma alteração de layout ou melhoria de processo.

Basicamente é uma ferramenta que revela claramente onde ocorre a atividade, a complexidade dos fluxos e o percurso percorrido pelos produtos.

Bubble Diagram:

O *Bubble Diagram* permite desde uma fase inicial explorar ideias e soluções já que apresenta em forma de fluxograma todas as fases dos processos de todas as famílias de produto, compilando todas as opções de fluxo de processo.

Não é mais que um diagrama que apresenta informação visual através de bolhas, que representam estações de trabalho, e estão conectadas por linhas a equipamentos/estações de trabalho imediatamente subsequentes, e que espelham em diagrama a sequência do processo produtivo.

Este diagrama pode ser aplicado em análises de outros tipos de atividades e pode ser efetuado manualmente ou recorrendo a *softwares*.

Método ABC:

A análise ABC consiste na categorização de produtos e atividades, com o intuito de favorecer os mais importantes em tarefas de gestão da produção. Nesta análise, os produtos são agrupados em três categorias, correspondentes à sua importância relativa, baseada na lei de Pareto. Esta refere que num grande número de situações, uma pequena parte de um grupo representa a maior parte de uma determinada característica.

Os produtos são agrupados da seguinte forma:

- Item classe A: Representa cerca de 20% do número de itens e 80% da ocorrência total.
- Item classe B: São os 30% após os itens classe A e representam 15% da ocorrência.
- Item classe C: Representam os restantes 50% dos itens e apenas 5% da ocorrência.

Supermercados e Bordo de Linha:

Os supermercados servem para efetuar o armazenamento de produtos ou componentes e permitir a posterior recolha dos mesmos pelo utilizador. Ohno (1988) desenvolveu o conceito de supermercado na década de 50 após uma visita que realizou aos Estados Unidos, estabelecendo um paralelismo entre a reposição de prateleiras dos supermercados americanos e o sistema *pull*, ou posteriormente *just in time*.

Idealmente, nos supermercados, os materiais devem estar dispostos de maneira a que a recolha do material pretendido seja direta e transparente. Os materiais devem ser armazenados em caixas que por sua vez são colocadas nas prateleiras dos supermercados. Estas devem ser colocadas a uma altura ergonómica, permitindo uma ação de carga ou descarga natural aos movimentos do operador logístico. A acrescentar a isto, segundo Coimbra (2009), a estrutura do supermercado deve utilizar a gravidade como vantagem, nomeadamente na movimentação das caixas no supermercado. A colocação dos materiais deve ser intuitiva e a altura a que estão os mesmos deve ser adequada com vista aos volumes de utilização dos mesmos.

Os supermercados devem ser limitados por *stock* máximo e mínimo, sendo que o máximo garante que o cliente tem produto para trabalhar e o mínimo assinala rotura de *stock*,

sinalizando o abastecimento, para não colocar em risco a eventual paragem da produção dos clientes.

Bordo de linha consiste no *design* do local e da contentorização dos materiais e componentes necessários à produção das várias estações de trabalho ao longo do processo produtivo. Um bordo de linha deve:

- Minimizar os movimentos de *picking* do operador;
- Minimizar a movimentação por parte dos operadores logísticos;
- Garantir que o tempo necessário à mudança de peças de um produto para outro seja aproximado de zero;
- Tornar intuitiva a necessidade de reabastecer;

Concluindo, os supermercados são criados para armazenar os componentes de abastecimento das linhas de produção, ao invés dos bordos de linha, que são criados para o abastecimento dos postos de trabalho (Coimbra, 2009).

.

3 Enquadramento do problema

3.1 Apresentação das secções de tubos de cobre e câmaras de combustão

3.1.1 Apresentação do Layout das secções de tubos de cobre e câmaras de combustão

As áreas de ação estão dispostas na Figura 8 e dividem-se em:

- Armazenamento de matéria-prima, representado a castanho;
- Secção de tubos de cobre, delineada a amarelo;
- Secção de câmaras de combustão, destacada a azul;
- Espaço livre, delimitada a vermelho;
- Secção de bombas de calor, representada a preto;
- Outras secções, apresentadas a verde, que são periféricas à secção de tubos de cobre, mas que pertencem a outro departamento;

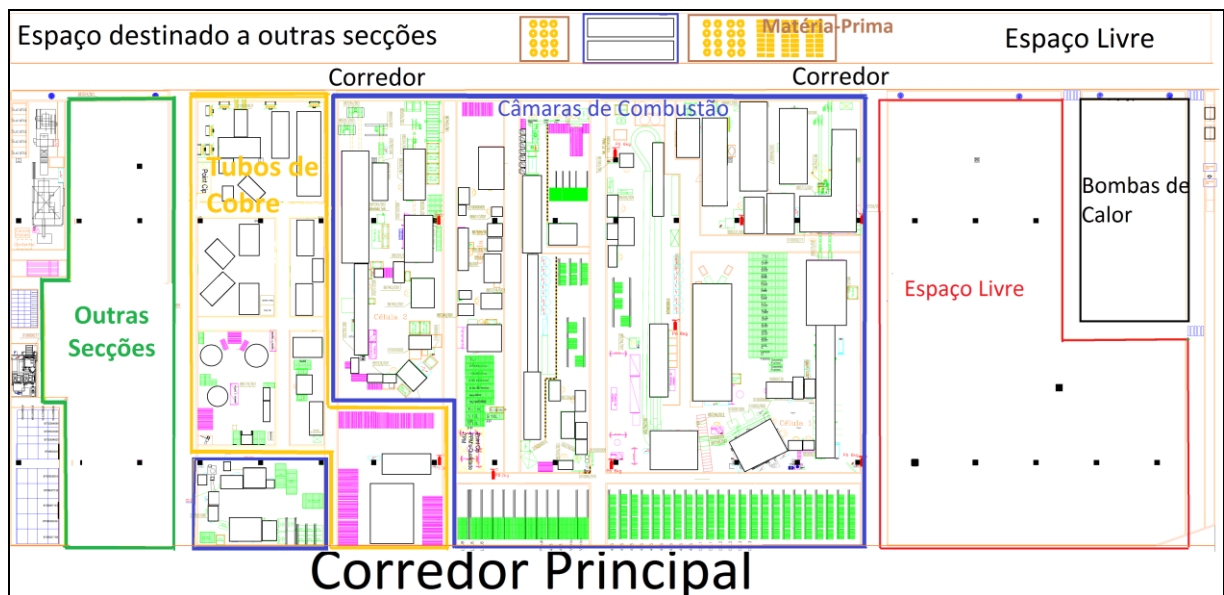


Figura 8 - Layout das Secções de tubos, câmaras de combustão, bombas de calor, espaço livre e outras secções (periféricas, mas de outro departamento).

É pertinente referir que a soma das áreas de armazenamento de matéria-prima, da secção de tubos de cobre e da secção de câmaras de combustão é superior a 1700m^2 .

3.1.2 Apresentação da secção de tubos de Cobre

Nesta secção são produzidos e trabalhados os tubos de cobre que serão utilizados nas linhas finais de montagem de esquentadores e caldeiras, na secção de câmaras de combustão e na secção de bombas de calor.

A secção de tubos de cobre divide-se em centros de:

- Corte e dobragem: onde os equipamentos de corte são alimentados de matéria-prima em forma de bobine de tubo de cobre, como apresentado na Figura 9, e posteriormente os tubos cortados são dobrados ou pelo próprio equipamento de corte ou tubo a tubo com alimentação individual manual do tubo – já cortado – nos equipamentos dedicados à dobragem com mandril; é representado a azul na Figura 10.



Figura 9 – Matéria prima em forma de bobine de chapa ou tubo de cobre (EconómicoTV, 2015).

- Abocardamento: onde os tubos ganham forma nas extremidades; é indicado a vermelho na Figura 10;

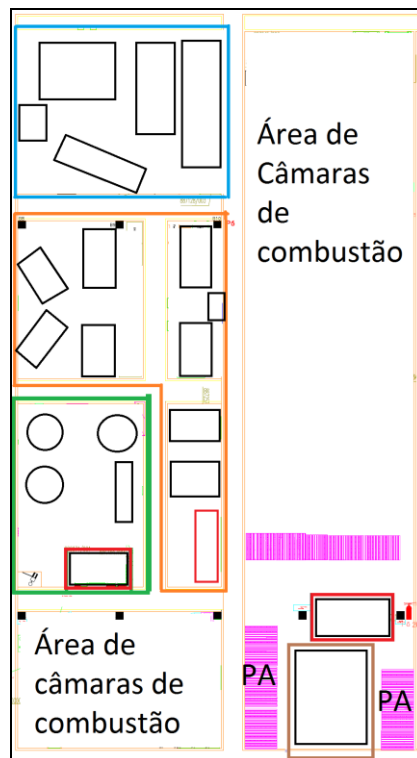


Figura 10 - Layout atual da Secção de tubos de cobre.

- Lavagem: onde os tubos são lavados de forma a extrair óleo resultante das operações de abocardamento e dobragem e da limalha originada pelo corte do tubo; é delineado a castanho na Figura 10;
- Brasagem: onde são acoplados tubos de cobre com peças de outros materiais; é destacado a verde na Figura 10;
- Testes: onde são efetuados os testes que garantem a conformidade do tubo ao nível da estanqueidade; é delimitado por linhas vermelhas na Figura 10.

Resta dizer que os blocos representados a rosa na Figura 10, correspondem aos supermercados de produto intermédio ou acabado, sendo que os de produto acabado estão identificados com a designação “PA” sobre os próprios; todos os restantes são de produto intermédio.

3.1.3 Apresentação da secção de câmaras de combustão de Cobre

Nesta secção são produzidas as câmaras de combustão (Figura 11) que serão usadas nas linhas finais de montagem de esquentadores e caldeiras.



Figura 11 – Exemplar de câmara de combustão em forma de produto acabado.

A secção de câmaras de combustão divide-se nos seguintes processos:

- Processamento de componentes: onde os equipamentos de corte são alimentados de matéria-prima sob a forma de bobine de tubo (de cobre), doam e cortam o tubo produzindo desta forma vários componentes da câmara de combustão. Estes componentes têm vários tamanhos e dobragens diferentes, porém, têm todos forma de tubo e, portanto, os equipamentos que os processam deveriam estar na secção de tubos de cobre. Relativamente às prensas, as mesmas são alimentadas de matéria-prima sob a forma de bobine de chapa (de cobre), resultando na produção dos componentes restantes para a montagem da câmara de combustão. Todos estes componentes seguirão para as células de montagem de câmaras de combustão; área representada a verde escuro na Figura 12;
- Lavagem: onde os componentes são lavados de forma a extrair o óleo resultante das operações de abocardamento e dobragem, assim como a limalha resultante dos processos de corte; área destacada a violeta na Figura 12;
- Células de montagem: onde é feita a assemblagem dos componentes, que são acoplados mecânica e manualmente de forma a garantir que a câmara se encontra na forma final; área delineada a azul na Figura 12;

- Centro de Brasagem: onde é aplicada manual ou automaticamente solda de forma a assegurar que a ligação de componentes é definitiva após passagem no forno. No caso de uma brasagem não eficiente, as câmaras são recuperadas por meio de brasagens manuais executadas à saída do forno; área delimitada por linhas vermelhas na Figura 12;
- Testes: onde são realizados testes de estanqueidade das ligações e de deteção de eventuais fugas nos componentes; área indicada a verde na Figura 12.



Figura 12 – Layout da secção de câmaras de combustão.

Resta dizer que os blocos preenchidos a verde na Figura 12, correspondem aos supermercados de produto intermédio ou acabado, sendo que os de produto acabado estão identificados com a designação “Produto Acabado” sobre os próprios; todos os restantes são de produto intermédio. Relativamente ao supermercado de câmaras de combustão em forma de produto intermédio (câmara montada mas sem ter sido brasada por passagem no forno) saído das células de montagem, o mesmo encontra-se delimitado a azul escuro e assinalado com uma seta da mesma cor.

3.2 Descrição da situação atual

3.2.1 Secção de tubos de Cobre

Método ABC e dados de transporte por componente:

Pesando o facto de que esta secção é bastante flexível ao nível da produção, já que tem capacidade para produzir mais de uma centena de referências diferentes, estas foram divididas por famílias de produto, apresentadas na Tabela 1.

Posteriormente foi aplicado o método ABC em todas as famílias de produto, de forma a identificar quais os tubos chave – que serão analisados – para cada uma delas.

Esta análise foi elaborada com base nos volumes produção da secção de tubos de cobre no ano de 2014.

Tabela 1 - Tabela de Família de tubos de Cobre a analisar, respetiva % de produção e dados de transporte(adaptado de Domingo et al, 2007).

Família	% Produção da família	Nº ID de tubo a analisar	% Produção do tubo	Nº de peças por transporte	Nº de peças utilizadas por unidade de tempo	Nº de caixas a transportar por unidade de tempo
A	45.9	A1	41.20	150	2470	16.47
		A2	1.54	80	264	3.3
B	20.8	B1	12.20	64	1088	17
		B2	6.23	16	672	42
C	9.5	C1	7.50	100	672	6.72
		-	-	-	-	-
D	8.9	D1	1.34	24	132	5.5
		D2	1.34	72	132	1.83
E	4.2	E1	0.54	10	110	11
		E2	0.28	10	50	5
F	3.6	F1	1.21	64	204	3.19
		F2	0.45	40	204	5.1
G	3.5	G1	1.17	50	125	2.5
		G2	1.17	75	125	1.67
H	2.7	H1	0.38	150	60	0.4
		H2	0.19	30	30	1
Outros	0.9	-	-	-	-	-

Value Stream Mapping:

Na Figura 13 é representado o *Value Stream Mapping* (VSM) da secção de tubos de cobre, sendo nele mapeado o fluxo dos tubos mais produzidos. No Anexo C é possível visualizar este VSM com melhor definição.

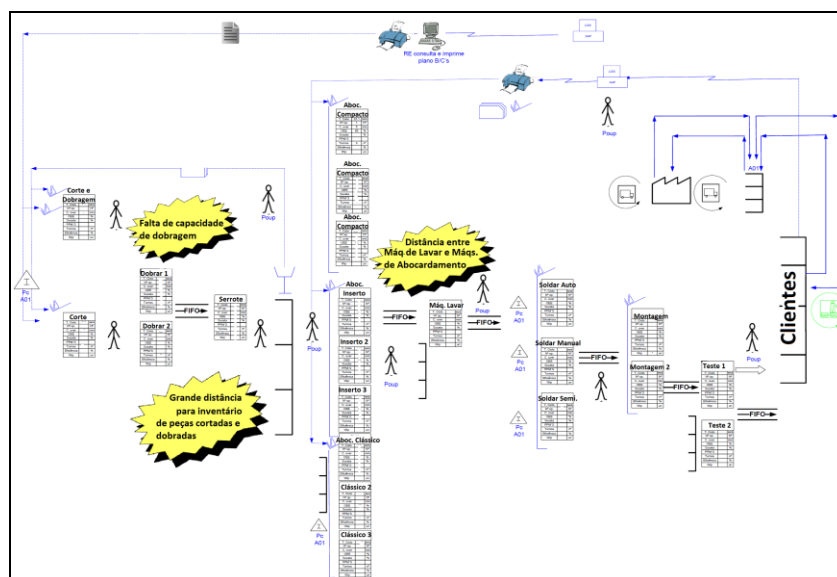


Figura 13 – Value Stream Mapping da secção de tubos de cobre.

Spaghetti Diagram:

O abastecimento de matéria-prima é realizado com o auxílio de uma ponte rolante. Esta, comandada pelo operador, tem um braço flexível que contém bandas que imobilizam a bobine de tubo de cobre e transportam a mesma desde as suas posições iniciais até à secção de tubos de cobre.

É intuitivo perceber que existe desperdício imediatamente na génese do processo produtivo – entenda-se na alimentação de matéria-prima – já que as bobines de cobre não estão alinhadas com os equipamentos, o que origina distância percorrida desnecessária – uma ação de valor não acrescentado – representada a vermelho na Figura 14.

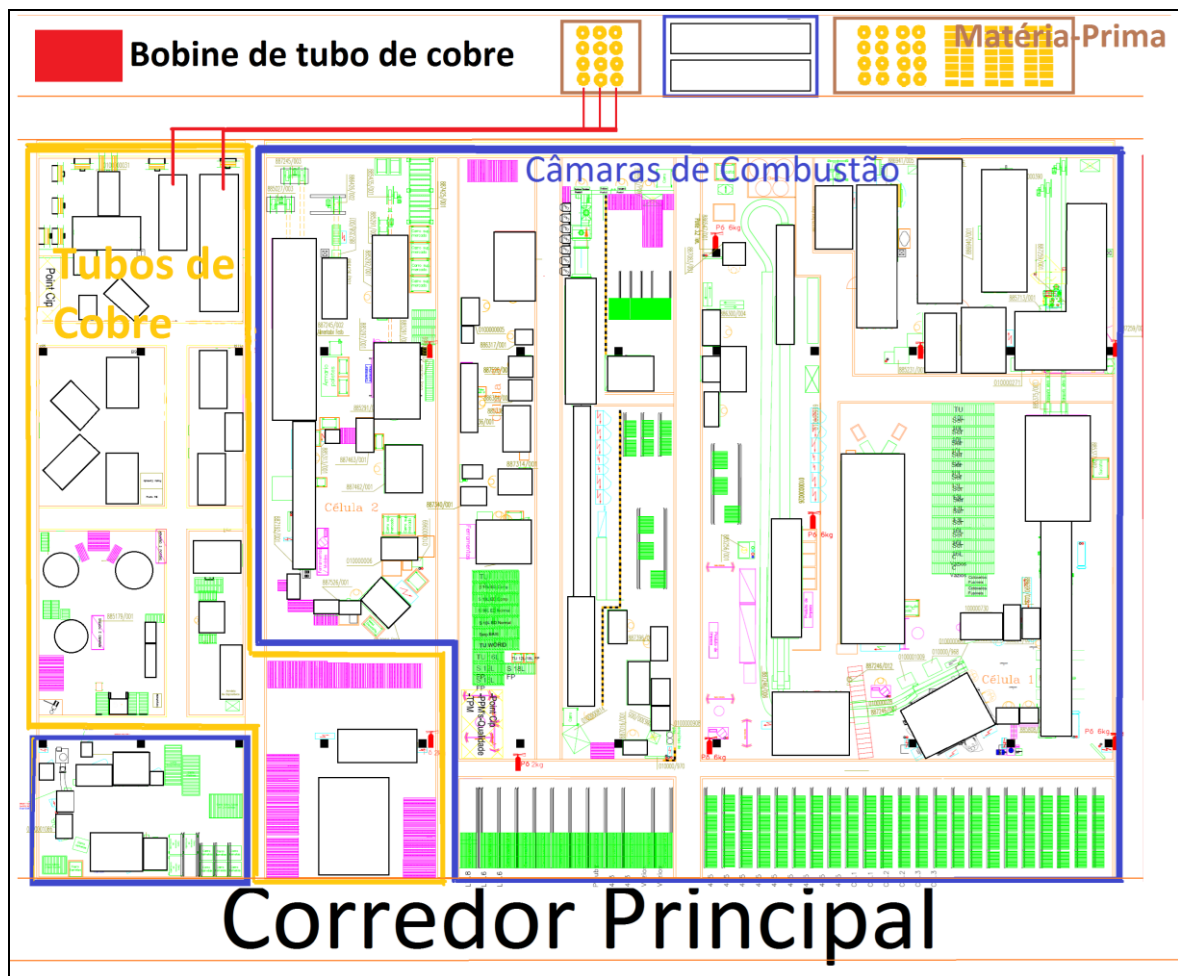


Figura 14 – *Spaghetti Diagram* do abastecimento de matéria-prima

O valor dos deslocamentos efetuados desde a posição de armazenamento de matéria-prima em forma de bobine de cobre até aos equipamentos da secção de tubos de cobre é de aproximadamente 24 metros.

Relativamente ao fluxo do processo, os *Spaghetti Diagrams* dos tubos seleccionados para análise, demonstrados na Figura 15, serão uma ferramenta que terá muito impacto visual na deteção de desperdícios e irá permitir quantificar a distância percorrida.

Quanto ao estudo de fluxo dos tubos das famílias C, D, E, F, G e H, o mesmo é apresentado nos *Spaghetti Diagrams* dispostos no Anexo D.

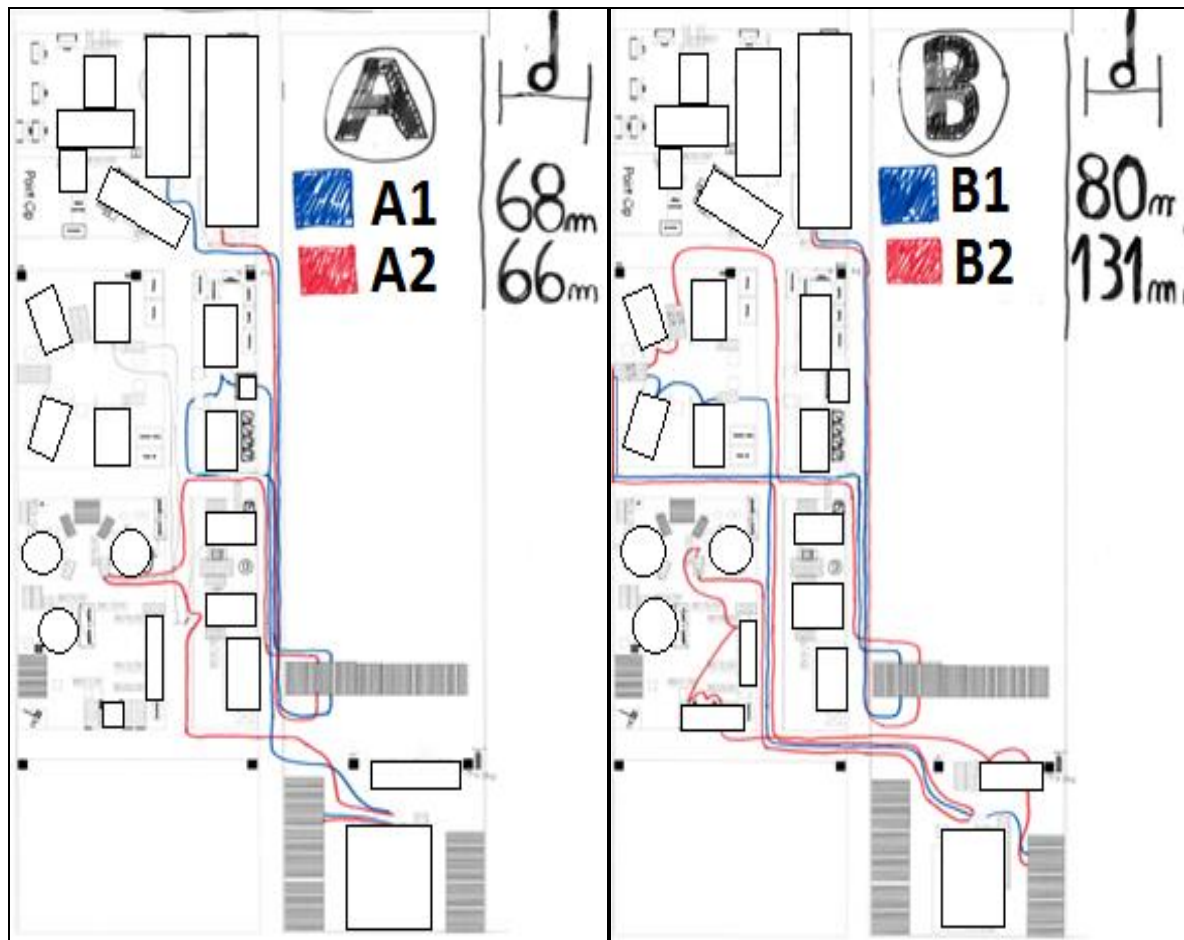


Figura 15 – *Spaghetti Diagrams* de tubos em análise das famílias A e B e respetiva distância percorrida, d.

O transporte de material, representado a azul ou vermelho na Figura 15 é sempre efetuado por um operador logístico interno, ou POUP⁶, excetuando nas estações de trabalho onde o operador da mesma é responsável pelo circuito bordo de linha, ação, bordo de linha. A duração *standard* tabelada⁷ para o transporte de caixas com o auxílio de um carro logístico manual, como o da Figura 16, é de um segundo e meio por metro percorrido.



Figura 16 – Carro logístico manual (Bosch, 2015).

Assim, sabendo o valor da distância percorrida, é possível calcular o tempo tabelado referente a essa tarefa, tal como exposto na Tabela 2.

⁶ POUP – Point-of-Use Provider, colaborador que reabastece ciclicamente os pontos de uso de material.

⁷ Valores de tempo de ações *standard* estão tabelados numa aplicação *Bosch*.

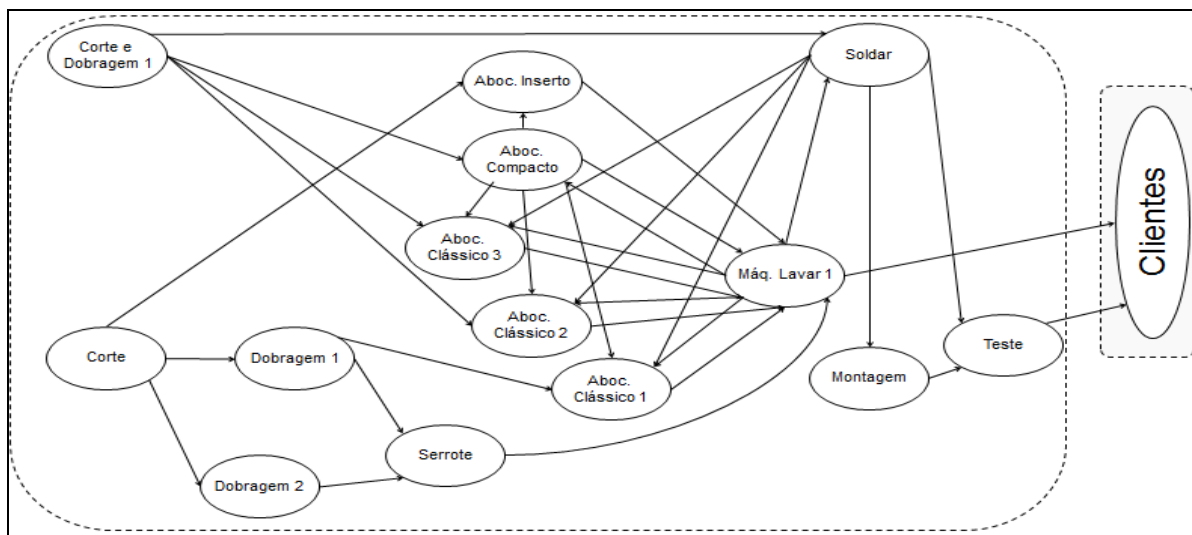
Tabela 2 - Distância percorrida em metros no processamento de tubos e tempo despendido correspondente.

Família	Referência de tubo a analisar	Distância percorrida [m]	Tempo despendido [s]
A	A1	68	102
	A2	66	99
B	B1	80	120
	B2	131	196.5
C	C1	73	109.5
	-	-	-
D	D1	114	171
	D2	91	136.5
E	E1	127	190.5
	E2	136	204
F	F1	96	144
	F2	103	154.5
G	G1	74	111
	G2	71	106.5
H	H1	98	147
	H2	93	139.5
Outros		Não analisados	

Analisando os valores da Tabela 2, é possível concluir que a distância média ponderada percorrida é de 79 metros.

Bubble Diagram Mapping:

Numa fase muito prematura, foram desenvolvidos *Bubble Diagrams* para as diferentes famílias de produtos da secção de tubos de cobre, como é possível constatar no Anexo E. Foram desenhados posteriormente dois *Bubble Diagrams*, apresentados nas Figuras 17 e 18, onde estão representados os processos das várias famílias.

Figura 17 – *Bubble Diagrams* das famílias de tubos de cobre para esquentadores.

Os *Bubble Diagrams* das Figuras 17 e 18 são representativos do processo produtivo de tubos para esquentadores e caldeiras, respetivamente.

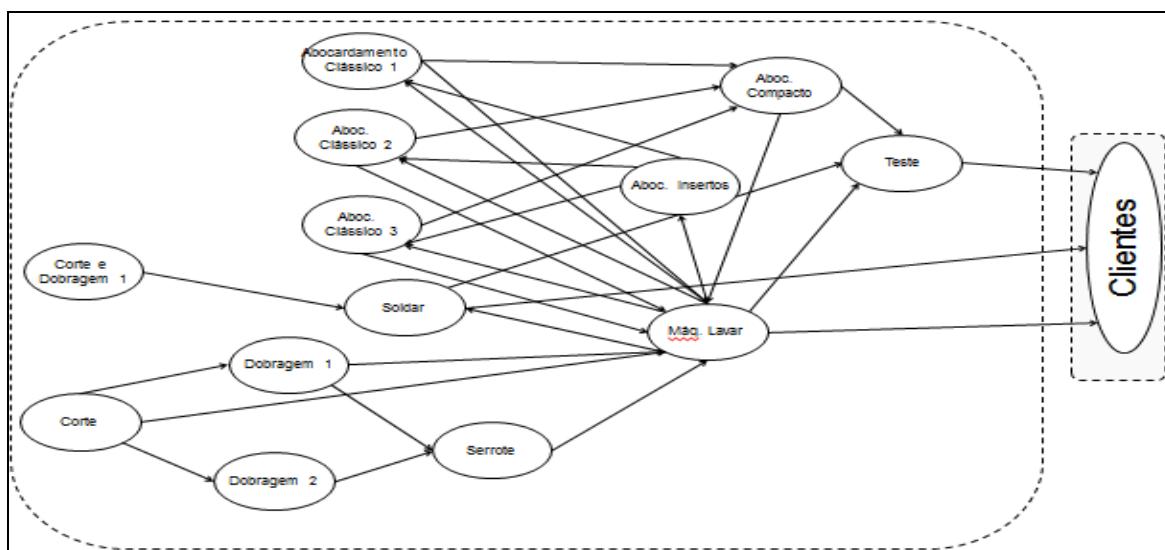


Figura 18 – *Bubble Diagrams* das famílias de tubos de cobre para caldeiras.

3.2.2 Secção de câmaras de combustão

Dados de transporte por componente:

Na Tabela 3 são apresentados os dados de transporte de componentes de câmaras de combustão para as várias células de montagem.

Tabela 3 – Tabela de dados de transporte de componentes de câmaras de combustão (adaptado de Domingo et al, 2007).

Célula	Componente	Nº de peças por transporte	Meio de transporte (carregado por carro)	Nº de peças utilizadas por unidade de tempo	Nº de caixas a transportar por unidade de tempo
1	comp. 1	60	Cesto	1992	33.20
	comp. 2	150	Caixa	1992	13.28
	comp. 3	Automático	Automático	Automático	Automático
	comp. 4	600	Caixa	3984	6.64
	comp. 5	400	Carro	996	2.49
2	comp. 1	32	Cesto	854	26.69
	comp. 2	200	Caixa	854	4.27
	comp. 3	Automático	Automático	Automático	Automático
	comp. 4	600	Caixa	1708	2.85
	comp. 5	50	Carro	427	8.54
3	comp. 1	32	Cesto	276	8.63
	comp. 2	200	Caixa	276	1.38
	comp. 3	3200	Garfos	13800	4.31
	comp. 4	600	Caixa	552	0.92
	comp. 5	200	Carro	138	0.69
4	comp. 1	18	Cesto	104	5.78
	comp. 2	200	Caixa	312	1.56
	comp. 3	2100	Garfos	7280	3.47
	comp. 4	100	Caixa	520	5.20
	comp. 5	32	Carro	208	6.50

Value Stream Mapping:

Na Figura 19 é representado o *Value Stream Mapping* (VSM) da secção de câmaras de combustão, sendo nele mapeado o fluxo de todo o processo. No Anexo C é possível visualizar este VSM com melhor definição.

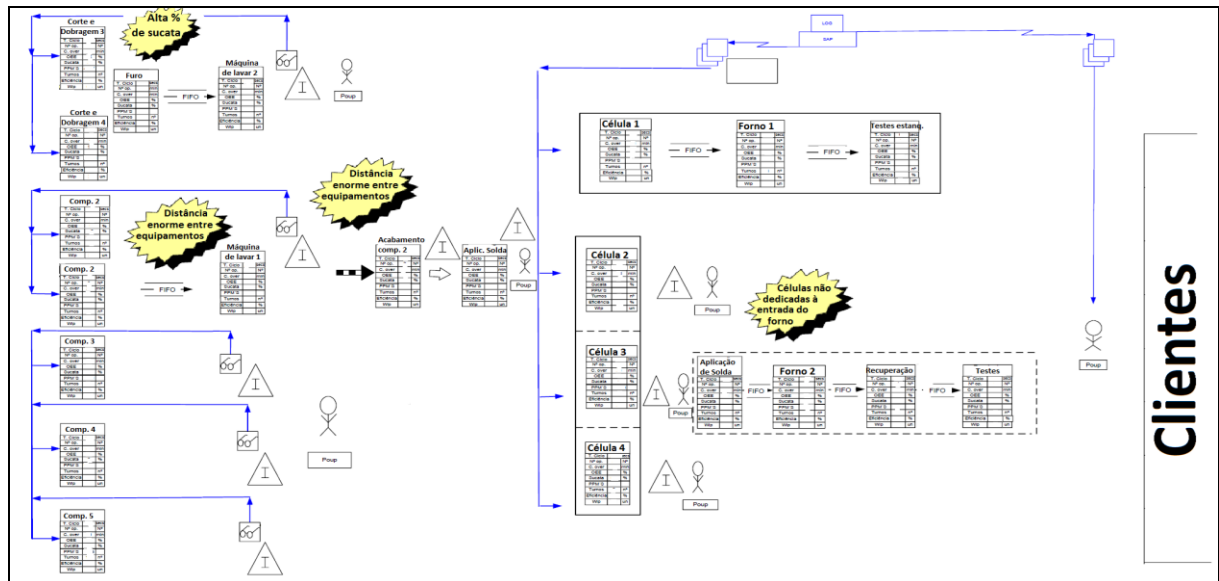


Figura 19 – *Value Stream Mapping* da secção de câmaras de combustão.

Spaghetti Diagram:

O abastecimento de matéria-prima é realizado com o auxílio de uma ponte rolante. Esta, comandada pelo operador, tem um braço flexível que contém bandas que imobilizam a bobine de tubo de cobre e transportam a mesma à secção de câmaras de combustão, como representado na Figura 20.

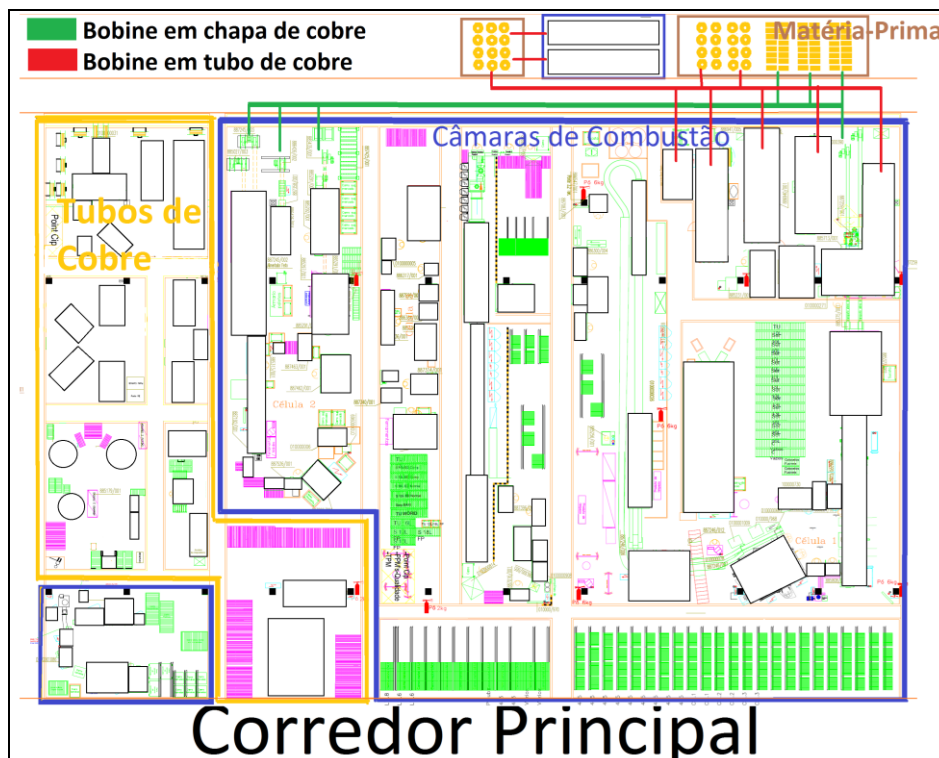


Figura 20 – *Spaghetti Diagram* do abastecimento de matéria-prima à secção de câmaras de combustão.

É intuitivo perceber que existe desperdício imediatamente na génese do processo produtivo – entenda-se na alimentação de matéria-prima – já que as bobines de cobre não estão alinhadas com os equipamentos, o que origina distância percorrida desnecessária – uma ação de valor não acrescentado. O valor do deslocamento efetuado desde a posição de armazenamento de matéria-prima em forma de bobine de tubo e bobine de chapa de cobre até aos equipamentos da secção de câmaras de combustão é de aproximadamente 20 metros e 31 metros, respetivamente.

No *Spaghetti Diagram* apresentado na Figura 21, são analisados os fluxos dos componentes da câmara de combustão até às células de montagem.

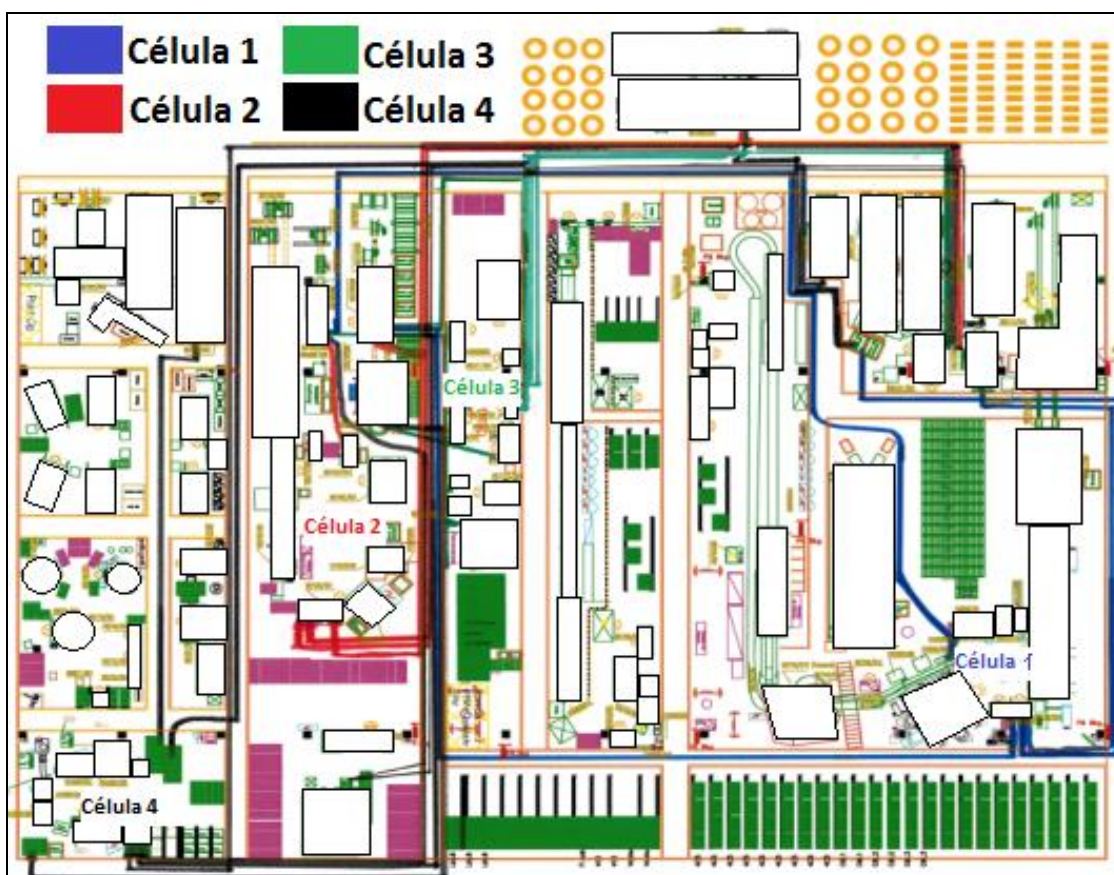


Figura 21 – *Spaghetti Diagram* de fluxo de componentes até às células de montagem. Célula 1 a azul, Célula 2 a Vermelho, Célula 3 a verde e Célula 4 a preto.

Na Tabela 4 estão dispostos os valores da distância percorrida no processamento de componentes até às células de montagem de câmaras de combustão

Tabela 4 - Distância percorrida em metros no processamento de componentes até às células de montagem.

Célula	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4	Componente 5
1	43	185	Auto ⁸	58	65
2	46	247	Auto	27	10
3	25	199	8	19	21
4	46	249	60	65	67

Analisando os valores da Tabela 4, é possível concluir que a distância média ponderada percorrida é aproximadamente 43 metros para o componente 1, 208 metros para o

⁸ Abastecimento automático do componente 3 nas células 1 e 2.

componente 2, 26 metros para o componente 3, 48 metros para o componente 4 e 49 metros para o componente 5.

Posteriormente são analisados os fluxos nas células de montagem e o posterior transporte até à entrada dos fornos, como indicado na Figura 22.

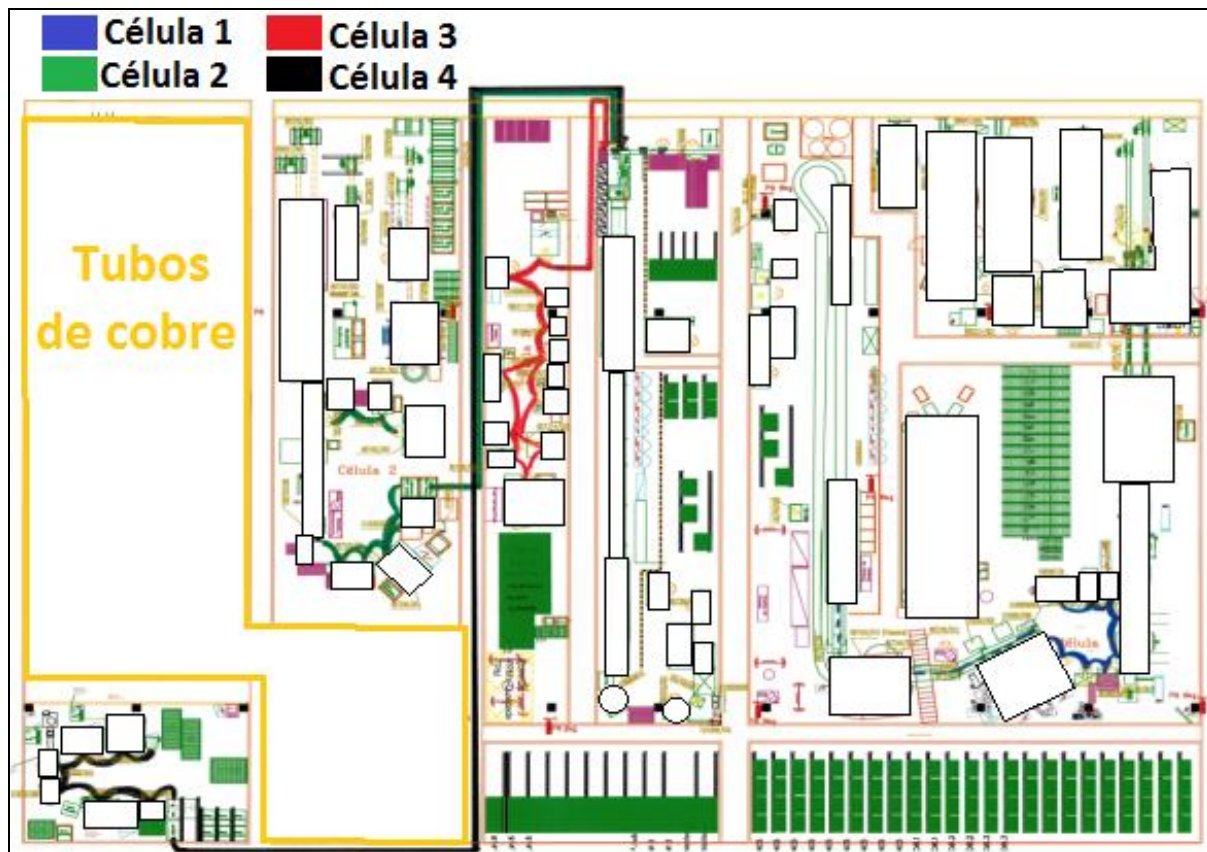


Figura 22 – *Spaghetti Diagram* de fluxo de componentes nas células de montagem e de produto montado até à entrada no forno. Célula 1 a azul, Célula 2 a Verde, Célula 3 a vermelho e Célula 4 a preto.

Os valores da distância percorrida – representada na Figura 22 - entre o fim das células de montagem e o forno de brasagem são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Distância percorrida em metros no transporte das câmaras de combustão montadas nas células de montagem até à entrada do Forno.

Célula	Produto Montado - Forno	Tempo despendido [s]
1	Transporte automático ⁹	
2	31	46.5
3	10	15
4	61	91.5

Analisando os valores da Tabela 5, é possível constatar que a distância média ponderada percorrida é aproximadamente 32 metros desde o fim das células de montagem até à entrada no forno de brasagem.

⁹ Abastecimento automático de câmaras montadas na célula produtiva 1 até ao forno dedicado à mesma.

Bubble Diagram Mapping:

O *Bubble Diagram* da Figura 23 permite visualizar os processos produtivos presentes na secção de câmaras de combustão e a respetiva sequência de produção.

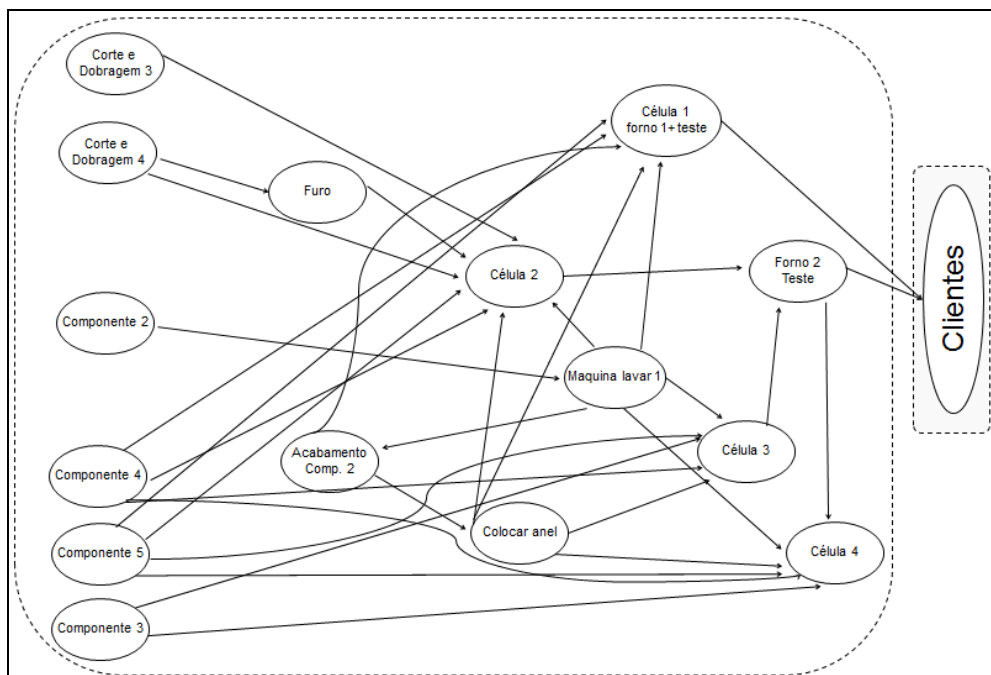


Figura 23 – *Bubble Diagram* ilustrativo do processo produtivo de câmaras de combustão para esquentadores.

Os *Bubble Diagrams* das Figuras 23 e 24 são representativos do processo produtivo de câmaras de combustão para esquentadores e caldeiras, respetivamente.

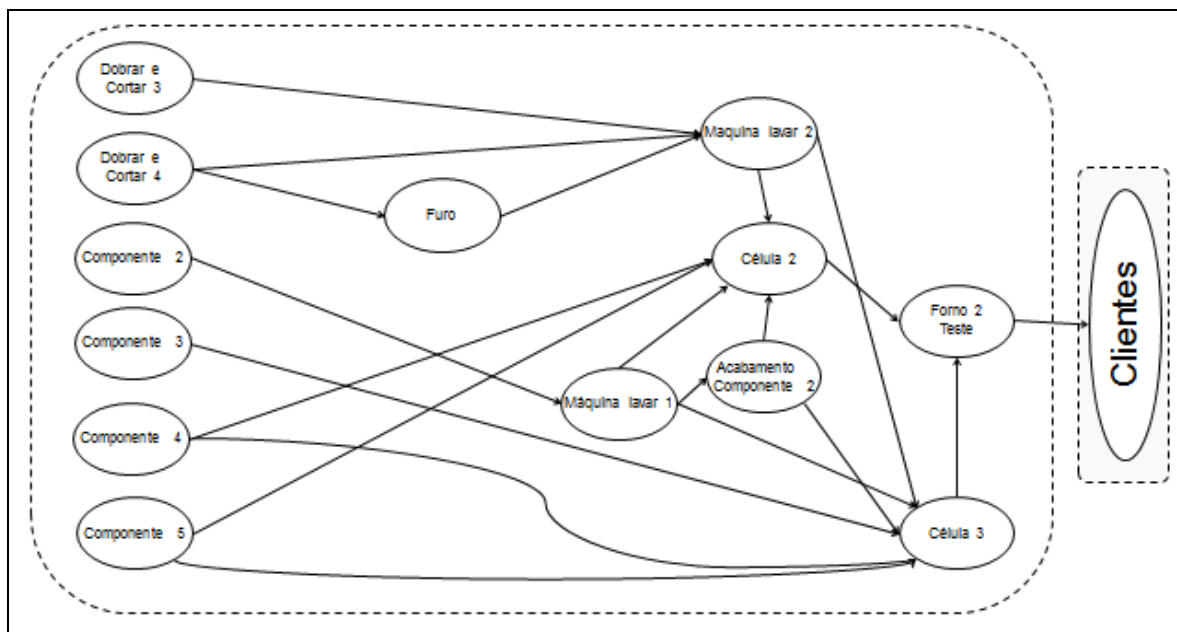


Figura 24 - *Bubble Diagram* ilustrativo do processo produtivo de câmaras de combustão para caldeiras.

3.3 Identificação de desperdícios

Após a utilização das ferramentas *Lean* no estudo da situação atual das secções produtivas, é possível fazer uma análise mais detalhada acerca dos desperdícios existentes.

O tipo de desperdício identificado, presente ao longo de várias fases do processo é de Transporte. Tomando em conta que entre todos os processos estudados o transporte é efetuado manualmente por operadores logísticos, a redução da distância de movimentação permitirá tornar mais eficiente a ação desses colaboradores - e das secções em geral – e diminuir o *Work in Process* (WIP), o que origina uma redução dimensional de supermercados e bordos de linha e aproxima o processo do ideal, o *one piece flow*.

Foi também possível concluir que o fluxo de material e produto é complexo, derivado do processo e das famílias de produto produzidas, e o mesmo não está otimizado. Uma mudança de posição dos supermercados de produto intermédio e da máquina de lavar da secção de tubos de cobre e dos equipamentos que processam o componente 2 da secção de câmaras de combustão, por exemplo, traria uma considerável redução de distância percorrida.

A partir deste momento, a dificuldade de otimização do *layout* das secções foi substancialmente reduzida, uma vez que após a identificação e quantificação dos desperdícios, proceder à sua eliminação tornou-se bastante mais simples. Resta começar a desenvolver o rascunho da proposta tendo em conta as condicionantes e critérios impostos pelo departamento e pelos conceitos *Lean*.

3.4 Condições iniciais

Após a verificação do estado atual, e respetiva identificação e quantificação de desperdícios, foram anotadas premissas que serviram de condicionantes de um algoritmo de decisão para a construção de propostas de *layouts*.

Algumas das condições a ter em conta na construção das novas propostas de *layout* foram:

- Eliminar a máquina de lavar da secção de câmaras de combustão, representada com uma cruz negra na Figura 25, derivado do considerável volume requerido e do estado de degradação em que se encontra;

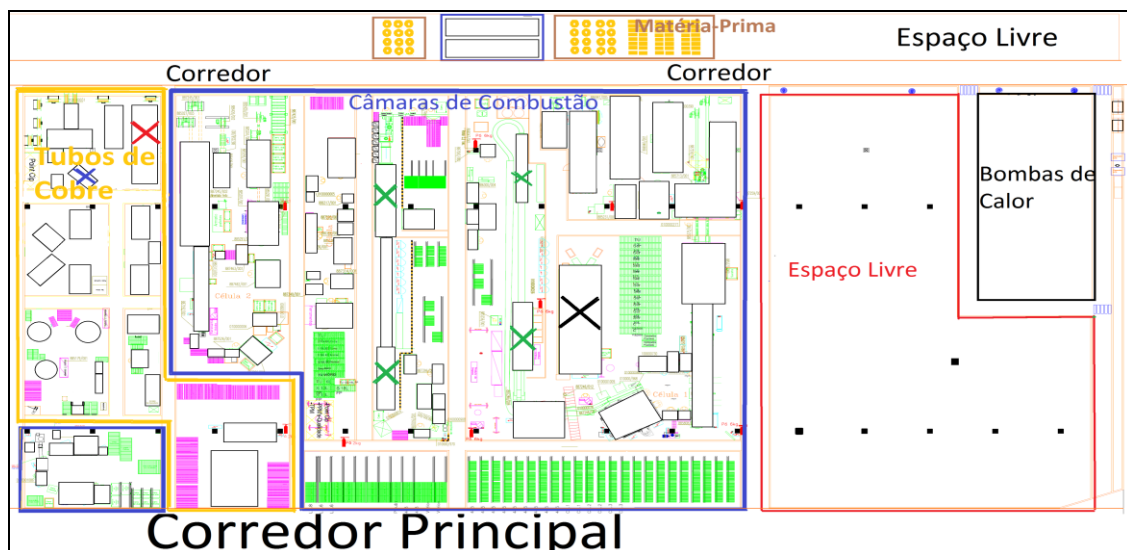


Figura 25 – Layout atual da secção.

- Substituir uma máquina de dobragem, destacada com uma cruz azul na Figura 25, por uma de funções equivalentes, porém, com melhorias nos tempos de ciclo e nos mecanismos (por exemplo, maior facilidade de *Changeover*);
- Dispor os equipamentos de acordo com o fluxo de produto de forma a diminuir desperdícios de transporte e aumentar a transparência das secções;

- Assumir a possibilidade de efetuar abastecimento de bobines com stacker, equipamento de transporte representado na Figura 26. Esta condição permite que o abastecimento não seja unicamente realizado com o auxílio da ponte rolante e, consequentemente, permite flexibilidade quanto à posição de equipamentos que são alimentados por bobines de cobre. Esta possibilidade deve ser encarada com sobriedade já que um abastecimento numa posição distante na matéria prima implica desperdícios de transporte;

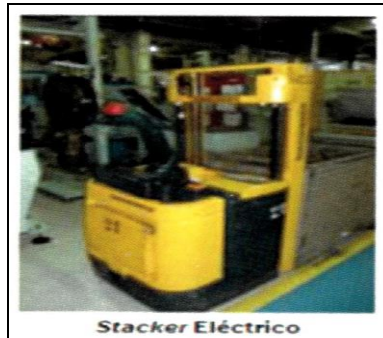


Figura 26 – Exemplo de Stacker elétrico usado na Bosch Termotecnologia, S.A (Bosch, 2015).

- Colocar equipamentos de produção de corte e dobragem em posição aproximada, de forma a garantir que a produção de referências e componentes diferentes possa ser efetuada nos vários equipamentos deste tipo;
- Desenvolver o *layout* com perspetiva de expansão futura;
- Adicionar um equipamento de corte e dobragem igual ao destacado com uma cruz vermelha na Figura 25, com o intuito de aumentar a capacidade de corte e dobragem das secções;
- Colocar corredores e equipamentos em disposição ergonómica, favorecendo a transparência da secção e facilitando abastecimentos de supermercados e bordos de linha;
- Favorecer o fluxo dos *High-Runners*, pois, naturalmente, são os produtos mais representativos das secções a nível de *output*;
- Não contemplar o transporte de equipamentos de grande volume - nomeadamente, os fornos e a máquina de tubo em U (sinalizados com cruzes verdes na Figura 25) – pois o mesmo acarreta custos inoportáveis e mudanças estruturais consideráveis na secção, o que origina um aumento exponencial do tempo de implementação do *layout*;
- Desenvolver o *layout* da secção de tubos de cobre na área disponível indicada na Figura 25, tomando em conta os pilares e corredores de abastecimento;

Tendo em conta as condicionantes supracitadas, os objetivos estabelecidos para o projeto consistem na:

- Redução de desperdício ao nível de transporte de produto ao longo do processo produtivo e consequente redução da ocupação dos operadores logísticos;
- Criação de *layout* com vista à expansão de capacidade produtiva da secção de tubos de cobre – recorrendo à adição de dois novos equipamentos;
- Criação de *layout* de fluxo orientado favorecendo as famílias de produto de maior volume de produção;

4 Apresentação de proposta de alteração de *layout* das Secções de tubos e câmaras de combustão de Cobre

4.1 Metodologia de abordagem ao problema

4.1.1 Processo de desenvolvimento de propostas

Value Stream Design:

Foram desenvolvidos os *Value Stream Design* da secção de tubos de cobre (Figura 27) e de câmaras de combustão (Figura 28), sendo neles mapeados os fluxos produtivos correspondentes. Nesta análise, são contempladas as condições descritas em 3.4., como por exemplo a adição de novos equipamentos.

No Anexo C é possível visualizar os VSD das Figuras 27 e 28 com melhor definição.

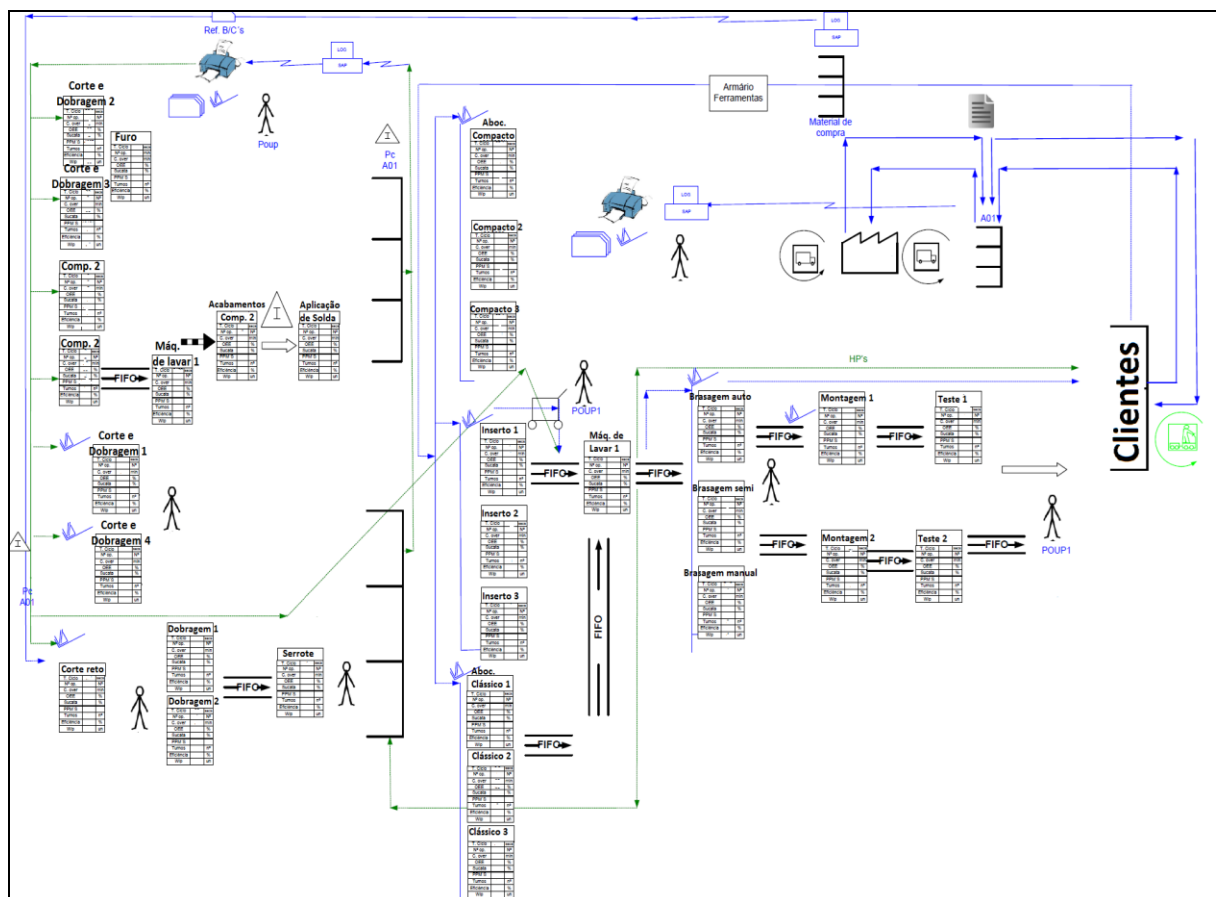


Figura 27 - *Value Stream Design* da secção de tubos de cobre.

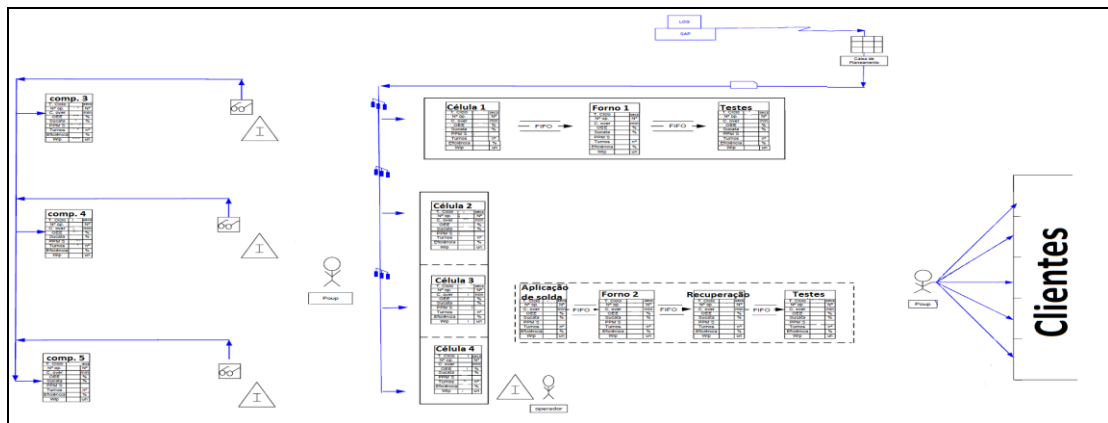


Figura 28 – Value Stream Design da secção de câmaras de combustão.

Bubble Diagrams Design:

Os *Bubble Diagrams Design* apresentados no Anexo E permitem visualizar os processos produtivos presentes nas secções de tubos de cobre (em cima) e câmaras de combustão (em baixo) para esquentadores e caldeiras. Para a construção destes, foram contempladas as condições apresentadas no capítulo 3.4.

Desenho de propostas:

Inicialmente foram estudadas alternativas que fossem de encontro aos pressupostos definidos e que a nível estrutural e de fluxo fossem viáveis. Numa fase inicial, a tentativa de conciliação de todas as condições predefinidas tornou-se num processo deveras completo. Tal como é possível constatar na Figura 30, apesar de o fluxo ser interessante, e de alguns dos pressupostos estarem plenamente satisfeitos, a proposta apresenta algumas falhas, nomeadamente ao nível da falta de transparência do *layout* – onde a não ergonómica colocação e forma dos corredores é apenas um sintoma disto mesmo. Para além disso existem muitos espaços “não aproveitáveis” no *layout* proposto. Estes fatores originam sobretudo grandes dificuldades ao nível do abastecimento de produto, o que inviabiliza a proposta.

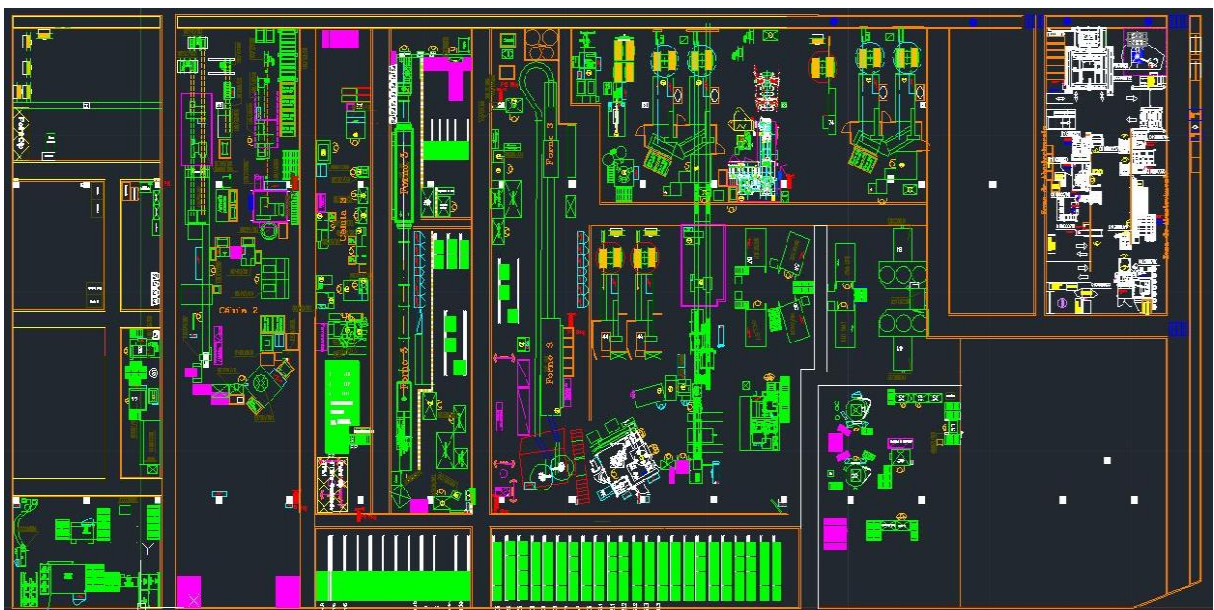


Figura 29 – Exemplo de proposta de *layout* 1.

Porém, o processo de desenvolvimento de propostas é um processo iterativo, onde as mesmas são qualificadas de acordo com as condicionantes predefinidas. Sendo assim, para a obtenção de uma proposta aproximada da ideal (já que a ideal pode durar anos a desenvolver e mesmo assim não ser atingida) têm de ser desenhadas várias propostas e as mesmas devem ser imediatamente avaliadas de acordo com um algoritmo influenciado pelas condicionantes e resultados de estudos de desperdícios e melhorias identificados. Alguns exemplos destas propostas são apresentados no Anexo F.

Apesar de desenvolver propostas pelo método “tentativa-erro” parecer um exercício equivalente a um labirinto sem saída, foi também notório que no decorrer da construção de propostas, a visão do funcionamento das secções tornou-se bastante mais clara, o que permitiu ter uma abordagem mais macro e, consequentemente ter um maior impacto no departamento. Desta forma, o algoritmo de decisão anteriormente apenas influenciado por condicionantes e resultados de aplicações de ferramentas *Lean*, passa a ser também influenciado (positivamente) pela experiência dos erros cometidos em propostas anteriores.

Após o desenvolvimento de várias propostas, foi encontrada uma que satisfazia todos os requisitos iniciais (Figura 30).

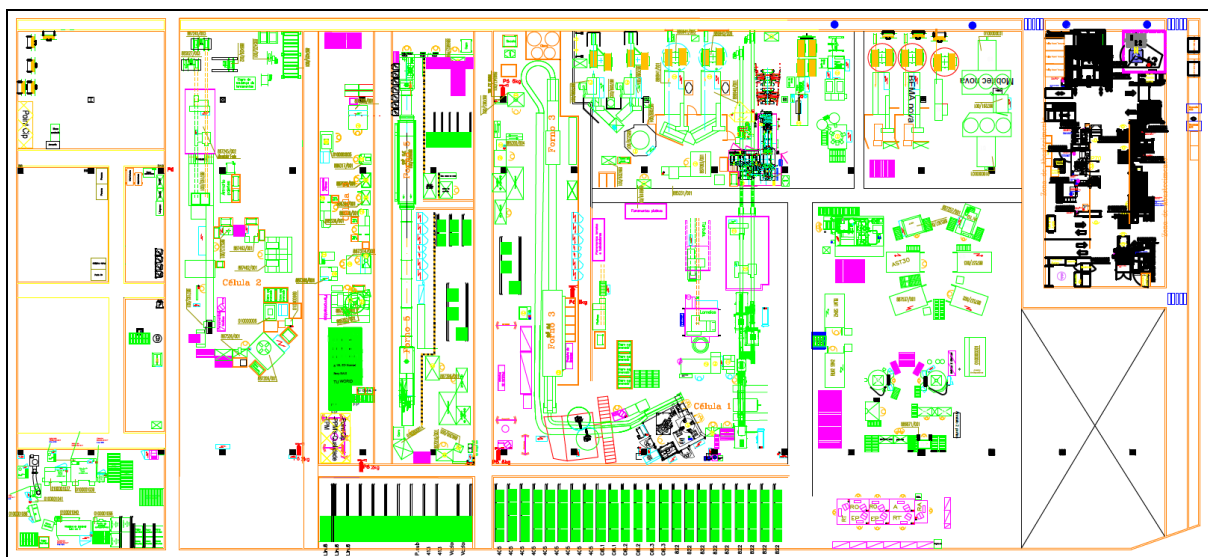


Figura 30 – Proposta aproximada da final.

Assim, foi decidido proceder à orçamentação da alteração de layout representada na Figura 30. Para tal, foi elaborado um Caderno de Encargos referente a essa alteração. É de referir que esta proposta não foi desenhada ao detalhe mais profundo, já que o objetivo principal era o de obter um orçamento para uma mudança aproximada mas não exatamente igual e definitiva.

4.1.2 Caderno de Encargos e Visitas de Fornecedores

Nesta altura, estava o “rough” layout definido, o que significa que a elaboração do Caderno de Encargos foi feita com base numa alteração de layout aproximada, tal como explicado anteriormente.

Foi então elaborado um Caderno de Encargos, presente no Anexo A, de forma a consultar fornecedores e a orçamentar a mudança. Trata-se de um documento deveras complexo e deve contemplar com bastante detalhe bastantes questões relacionadas com uma mudança de secção produtiva, pelo que foi necessário proceder à recolha das especificações de alimentação de todos os equipamentos a transportar, assim como efetuar um alinhamento com

o fornecedor de forma a conjugar o serviço por ele prestado com a produção das secções visadas à alteração.

Vários fornecedores realizaram visitas de forma a estudar as alterações propostas e posteriormente propuseram um orçamento.

Porém, e após todo este processo, o seguimento do mesmo foi inviabilizado já que o espaço designado para a mudança foi impedido pela administração de ser utilizado, uma vez que irá ser implementada nessa área uma nova linha produtiva de aparelhos a designar.

Sendo assim, a nova solução proposta consistirá numa reformulação de *layout* na própria área, ainda que com a eventual expansão para áreas periféricas, ao invés de uma deslocação da área de ação para um espaço livre, como na solução até então descrita.

4.1.3 Novo processo de desenvolvimento de propostas - nova área de ação

Para que fosse possível efetuar uma reformulação das secções de tubos de cobre e câmaras de combustão, foi dado como limite a área definida pela linha amarela na Figura 31. Isto significa que a área para reorganização das secções de tubos e câmaras é toda a representada à direita da linha amarela da Figura 31.

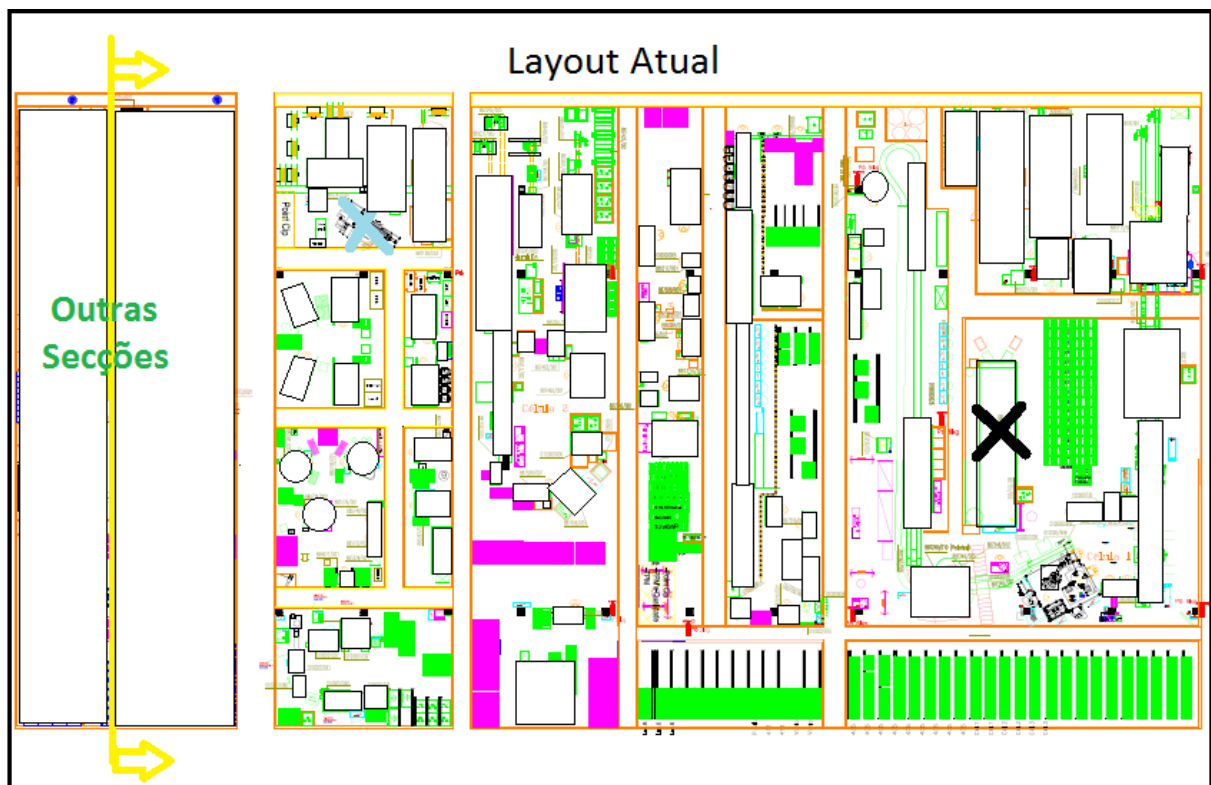


Figura 31 – *Layout* atual com destaque de equipamentos a eliminar/substituir e limite de expansão para outros departamentos.

Relativamente ao desenvolvimento de propostas, inicialmente a secção de tubos de cobre foi reformulada no espaço que ocupa atualmente. Porém, para garantir uma melhoria de fluxo de produto, a área atual não é suficiente, tal como é possível constatar na Figura 32 onde é possível observar que não há espaço suficiente, tendo que violar condicionantes como a existência de corredores ergonómicos.

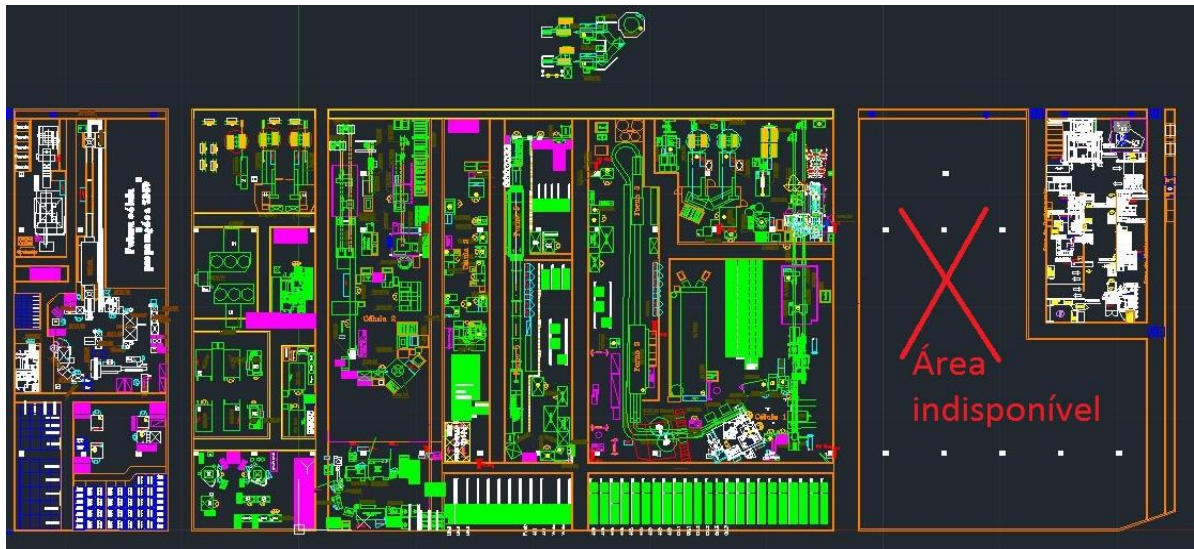


Figura 32 – *Layout* proposto 1.

Foi posteriormente desenvolvida uma solução onde a área da secção de tubos de cobre proposta aumentou, crescendo para a direita, área referente à secção de câmaras de combustão, tal como representado na Figura 33. Para tal, foram reorganizadas as células de montagem de câmaras de combustão, zona destacada a vermelho na Figura 33.

Apesar disto, o fluxo ainda não era ideal e os equipamentos dedicados ao corte e dobragem continuavam dispersos, assim como existiam áreas livres desperdiçadas na secção de câmaras de combustão.

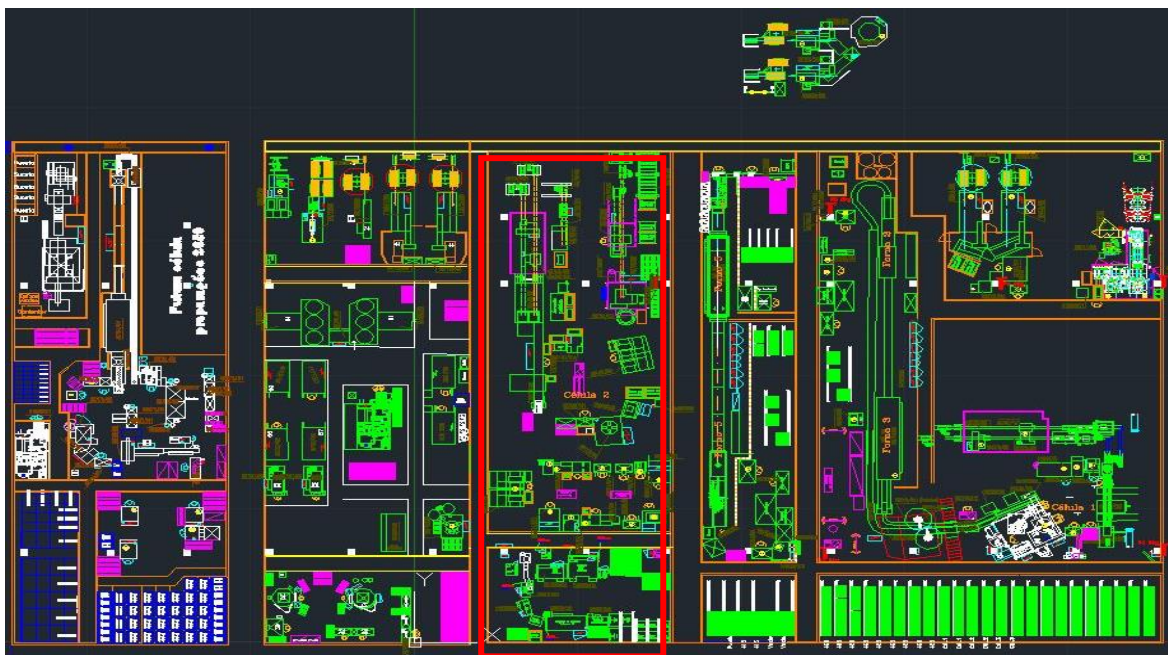


Figura 33 - *Layout* proposto 2.

Assumindo que as soluções de reformulação de *layout* na própria área de secção de tubos de cobre e de expansão da mesma para a secção de câmaras de combustão apresentavam bastantes falhas, foi efetuada a análise de uma solução em que era projetada uma expansão tanto para a direita, para a secção de câmaras de combustão, como para a esquerda, secção de outro departamento que seria transportada para outra zona da planta da fábrica. O limite desta expansão para a esquerda é definido pelas secções que são possíveis de deslocar e pelas que não são. O limite coincide precisamente com as secções não passíveis de serem transportadas e é representado na Figura 31 pela linha amarela. Usando este pressuposto, é possível

desenhar um *layout* interessante ao nível de fluxo de produto, e que satisfaça as condições iniciais, como o da Figura 34.

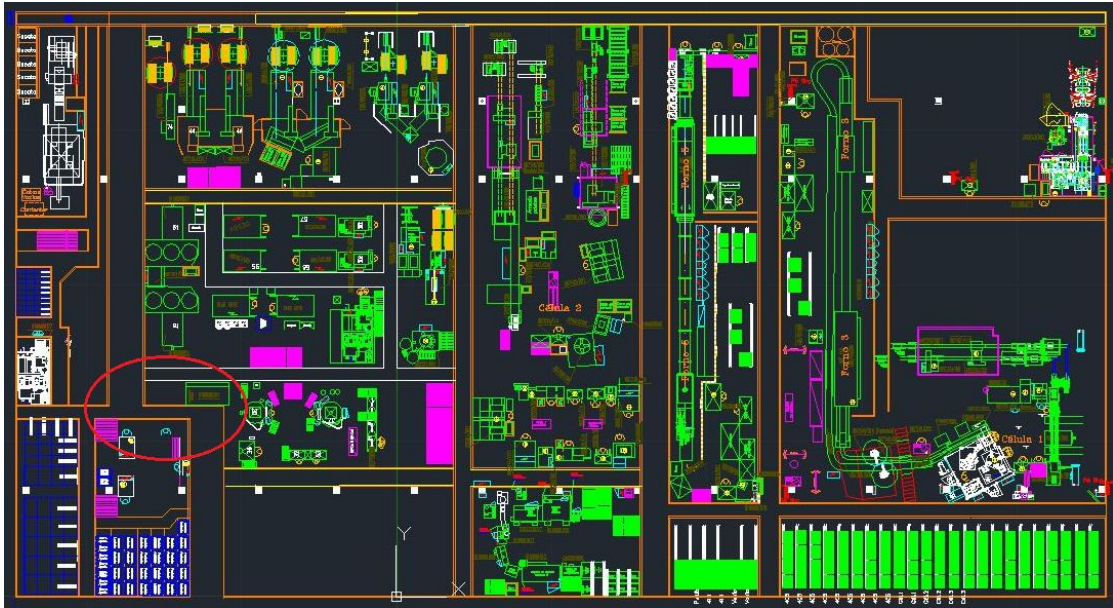


Figura 34 – *Layout* proposto 3.

Porém, e após uma análise mais profunda, é possível concluir que foi quebrado um corredor logístico principal para o efeito (destacado a vermelho na Figura 34), inviabilizando imediatamente a solução proposta.

No seguimento da proposta anterior, começou a ser desenvolvida uma solução de reorganização das linhas de montagem (destacadas a vermelho na Figura 35), de forma a complementar o fluxo orientado já aplicado na proposta anterior. Após esta fase apenas tem de ser resolvida a questão do corredor logístico principal.

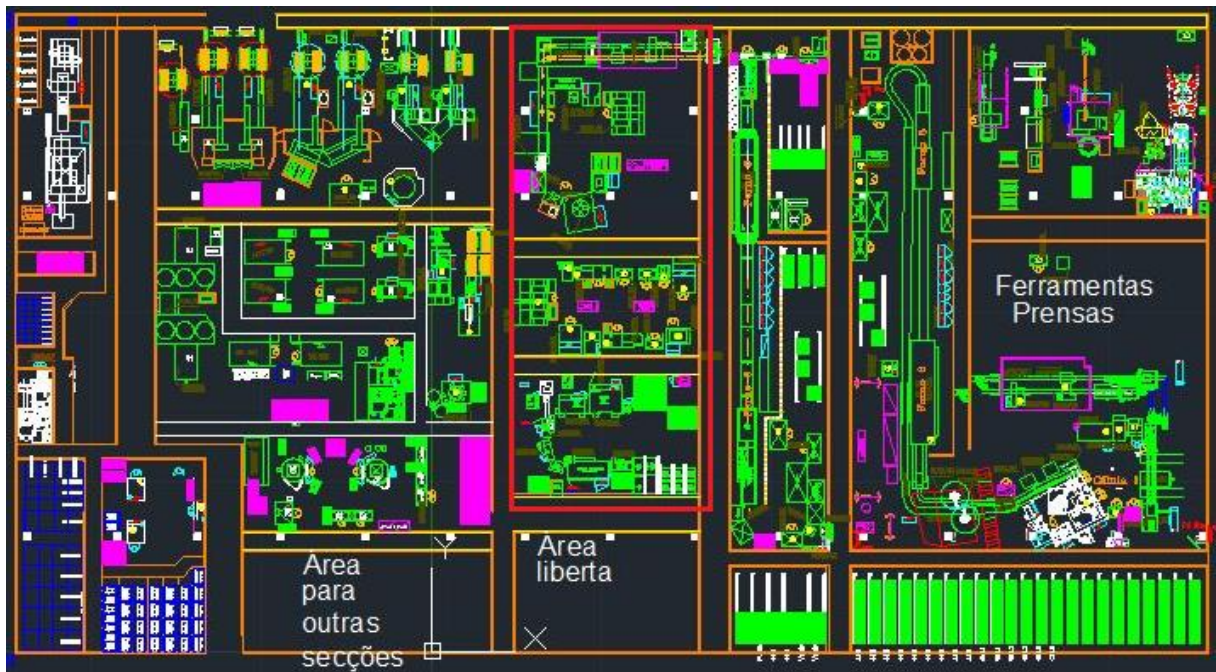


Figura 35 – *Layout* proposto 4.

Finalmente, e após o estudo iterativo de várias propostas, a análise culminou na proposta apresentada na Figura 36, que satisfaz todas as premissas predefinidas e otimiza consideravelmente o fluxo.

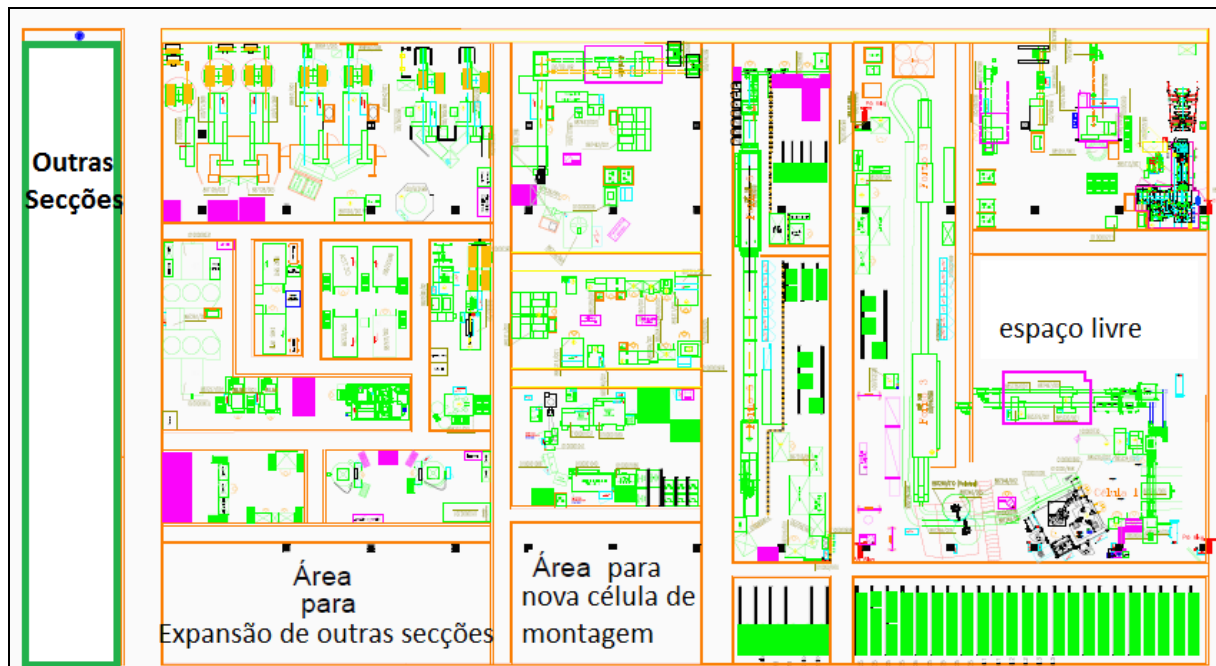


Figura 36 – Proposta de *layout* final.

De seguida, serão explicitadas ao detalhe as alterações e será quantificada esta otimização, de maneira a avaliar a conformidade e valor da proposta.

4.2 Descrição da solução

A figura que serve de esquema de comparação de *layout* atual e *layout* da solução proposta é apresentado no final do Anexo F.

4.2.1 Detalhe nas alterações

Célula 1:

Começando a análise pela Célula 1, a mesma manteve-se intacta, no entanto, a prensa e equipamento subsequente responsável pela alimentação automática do componente 3 para a Célula 1, destacado a azul na Figura 37, foi alterada.

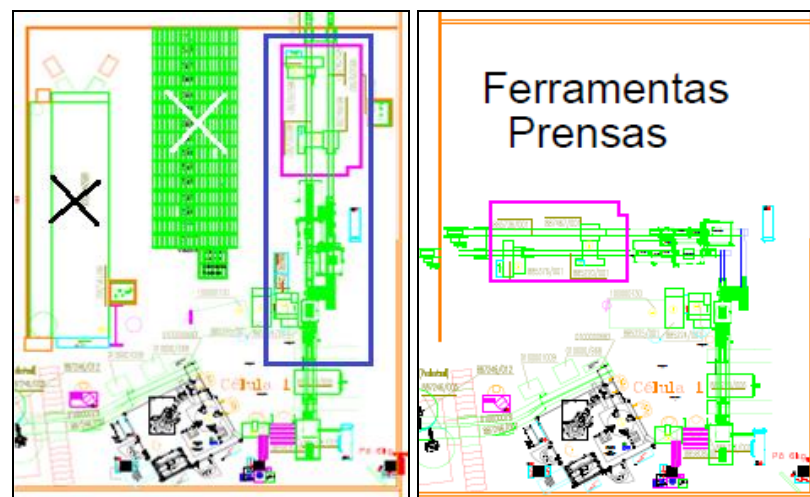


Figura 37 – Layout atual e proposto (esquerda para a direita), da prensa de lamelas da Célula 1.

Foi previsto proceder à rotação de 90 graus do equipamento de forma a aproveitar o espaço ganho pela eliminação da máquina de lavar representada com uma cruz negra na figura 38. Esta mudança, em termos de espaço, apresenta uma grande melhoria já que permite garantir a criação de uma área livre com grandes facilidades de acesso, ao invés da área livre que seria ganha por eliminação da máquina de lavar e sem movimentação da prensa, onde a acessibilidade à mesma seria não otimizada e, conseqüentemente, viria a apresentar contrafluxos se equipamentos fossem aí instalados. A área liberta serve para colocação de ferramentas das prensas que na nova proposta estão colocadas no topo do *layout* (extremidade superior do *layout* proposto da Figura 37).

Célula 2, 3 e 4:

Relativamente à Célula 2 (representada a vermelho na Figura 38), a mesma foi ligeiramente alterada, tomando maior destaque a alteração da prensa e equipamento subsequente responsável pela alimentação automática do componente 3 para a Célula 2, destacado a azul na Figura 38. Quanto à Célula 3 (representada a verde na Figura 38), a mesma foi ligeiramente reformulada e alterada de posição. A Célula 4 (representada a azul na Figura 38) mantém a forma original, porém a sua posição é alterada.

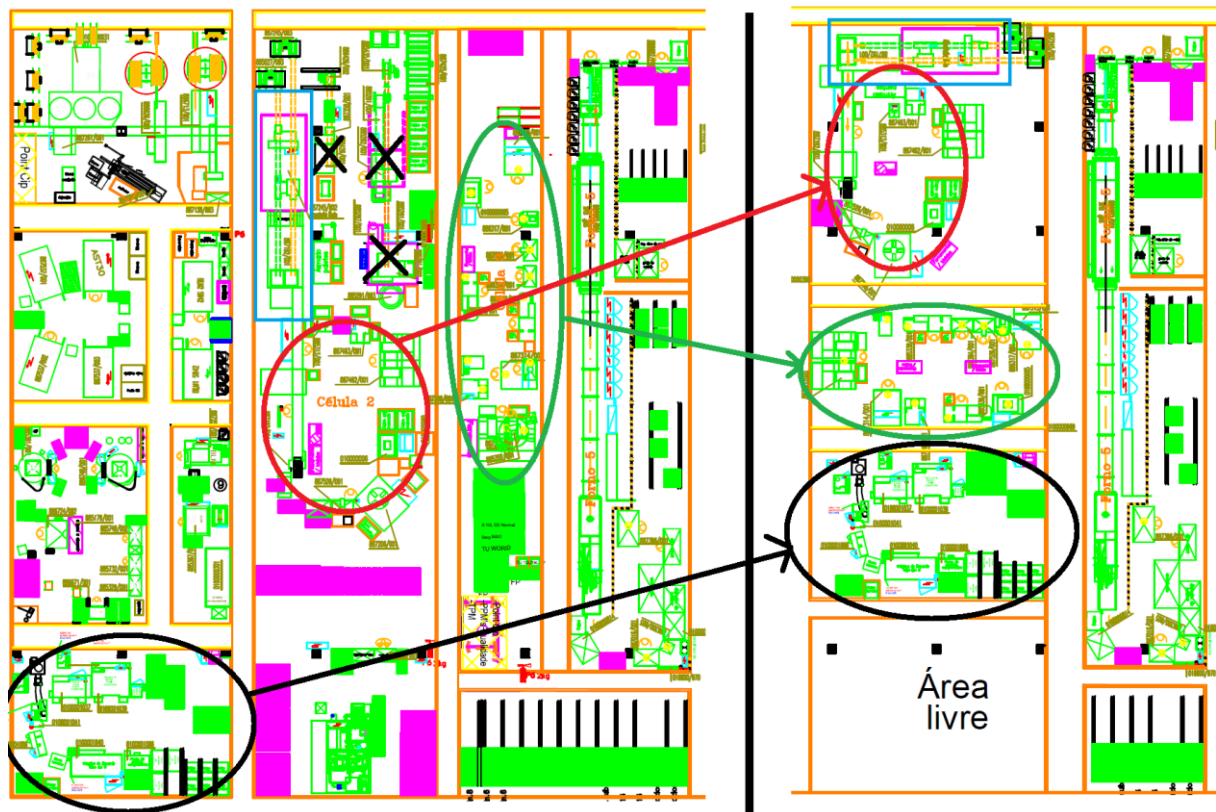


Figura 38 - Layout atual e proposto (esquerda para a direita), das Células de montagem 2 e 3.

Foi previsto proceder à rotação de 90 graus do equipamento de forma a compactar mais a secção e, portanto, aproveitar melhor o espaço requerido. Esta mudança, em termos de espaço, apresenta uma grande otimização já que permite garantir a criação de uma área livre onde a Célula 2 pode agora ser disposta. A nível mecânico, o transporte também é simplificado por esta dobragem, o que resulta num tempo de ciclo inferior do processo de transporte automático do componente 3 das câmaras de combustão.

Os equipamentos destacados com uma cruz negra serão deslocados para a área onde atualmente se encontram os equipamentos de processamento de componentes de câmaras de combustão.

Resta referir que com esta disposição de Células em U e com os supermercados de câmaras montadas orientados para a entrada do forno, as Células de Montagem 2, 3 e 4 passam a estar dedicadas ao forno, reduzindo o transporte efetuado entre as mesmas e o forno.

Equipamentos de processamento de componentes de câmaras de combustão e Equipamentos de processamento de tubos de cobre:

Na Figura 39 são apresentadas as mudanças de posição de equipamentos (destacadas a azul e vermelho). Também é destacada uma área a negro, que corresponde à secção pertencente a outro departamento, que será transferida para uma área disponível da empresa. É importante referir que as áreas delineadas a amarelo representam áreas livres, que poderão vir a ser aproveitadas para projetos futuros da empresa.

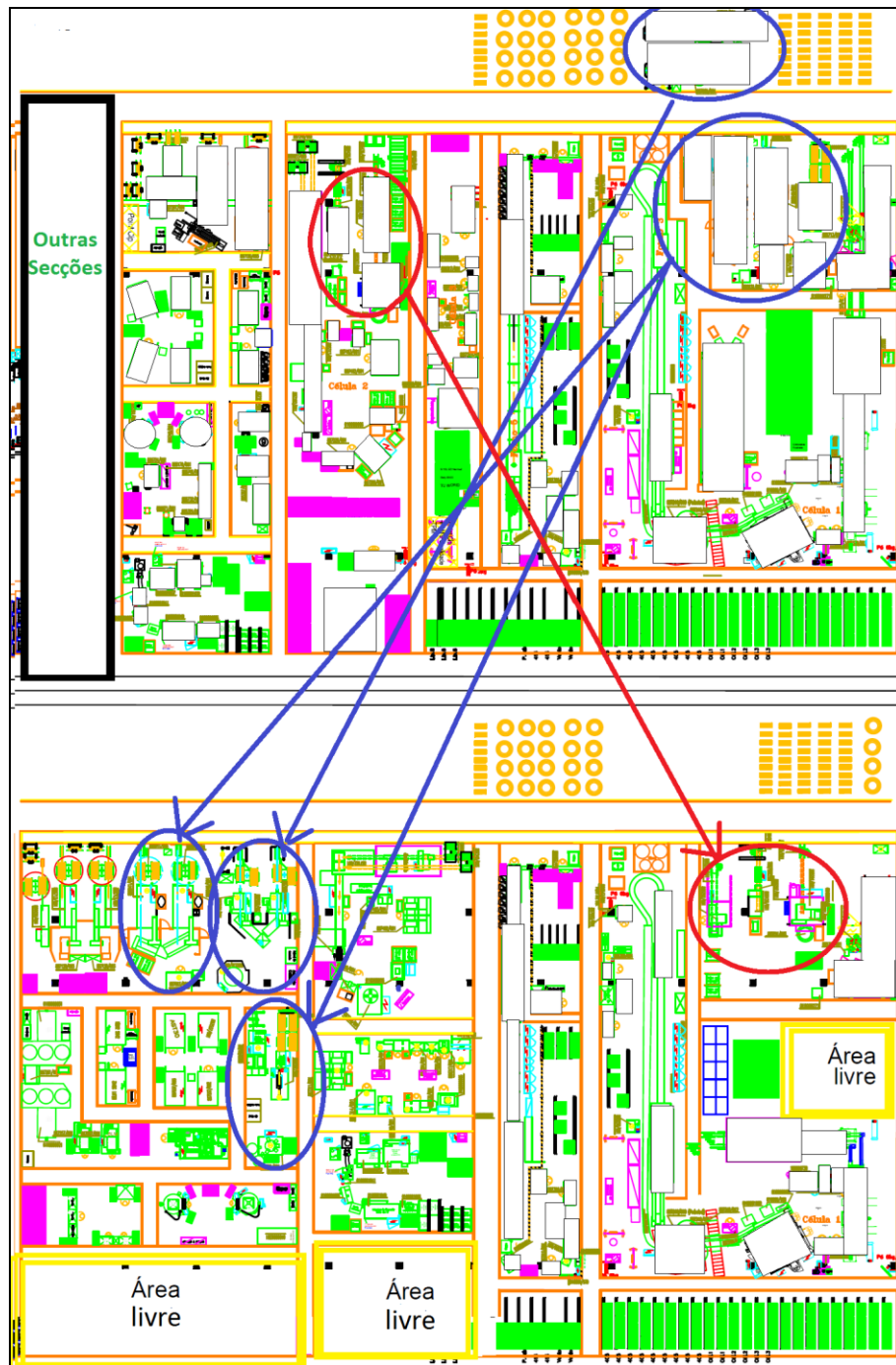


Figura 39 – Layout atual e proposto (cima para baixo), dos equipamentos de processamento de tubos de cobre e equipamentos de processamento de componentes para câmaras de combustão.

4.3 Resultados

4.3.1 Spaghetti Diagrams

Após a solução estar definida, procedeu-se à quantificação de distâncias a percorrer de acordo com a solução proposta.

De acordo com a solução proposta, o valor médio dos deslocamentos efetuados desde a posição de armazenamento de matéria-prima em forma de bobine de tubo cobre e chapa de cobre até aos equipamentos alimentados por estas, é aproximadamente de 29 metros e 12 metros, respetivamente (Figura 40).

Comparando com os valores da situação atual, pode-se concluir que relativamente à distância da matéria-prima em forma de tubo de cobre, existe um aumento na deslocação média de 12 metros, relativamente à distância percorrida atual de 17 metros. Quanto à matéria-prima em forma de chapa de cobre, existe uma redução na distância média percorrida de 16 metros, comparativamente à distância percorrida atual de 28 metros.

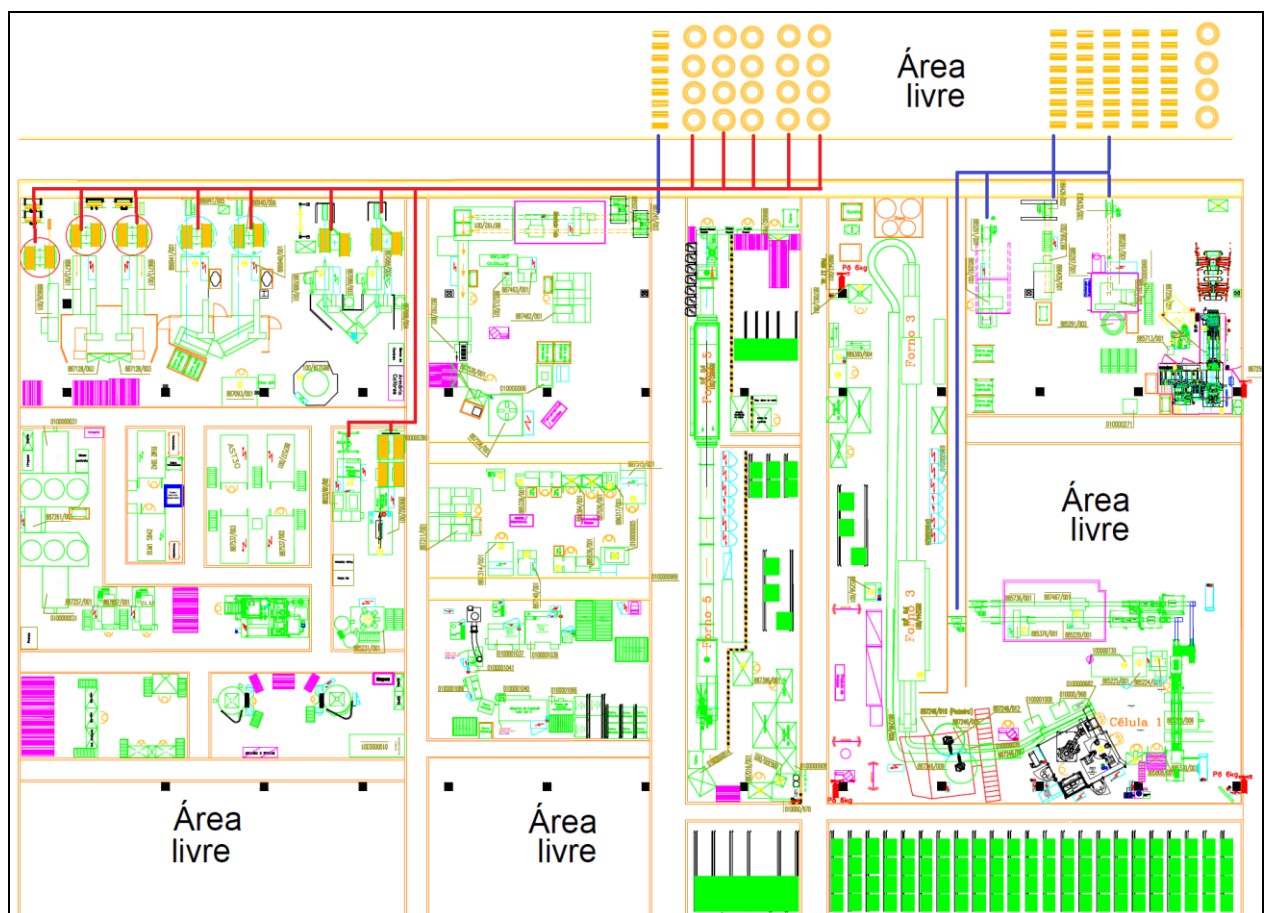


Figura 40 - *Spaghetti Diagrams* do abastecimento de matéria-prima.

Relativamente ao fluxo do processo, os *Spaghetti Diagrams* dos tubos seleccionados para análise, demonstrados nas Figuras 41 e 42, serão uma ferramenta que terá muito impacto visual na deteção de desperdícios e irá permitir quantificar a distância percorrida.

Quanto ao estudo de fluxo dos tubos das famílias C, D, E, F, G e H, o mesmo é apresentado nos *Spaghetti Diagrams* dispostos no anexo D.

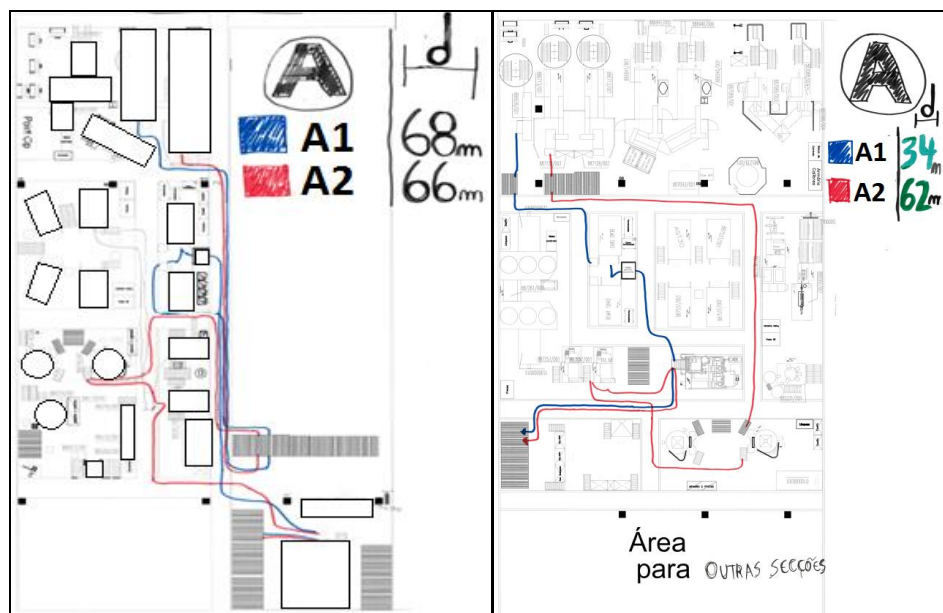


Figura 41 - *Spaghetti Diagrams* da situação atual e proposta referente à família A de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.

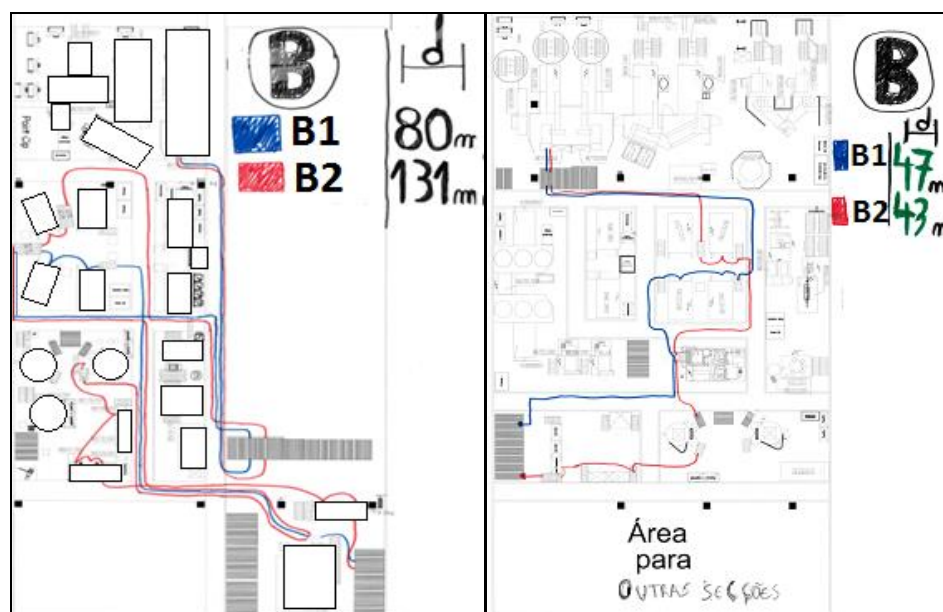


Figura 42 - *Spaghetti Diagrams* da situação atual e proposta referente à família B de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.

O transporte de material representado a azul ou vermelho nas figuras, permitirá quantificar a distância percorrida pelas várias referências de tubos ao longo do processo produtivo. Desta forma, será possível avaliar se a solução proposta apresenta reduções ao nível da distância percorrida, e, consequentemente, redução de desperdício.

Após a representação de fluxos sob forma de *Spaghetti Diagram*, e respetiva quantificação de distâncias, as mesmas são apresentadas na Tabela 6, e comparadas com distâncias percorridas atualmente.

Analisando os valores da Tabela 6, é possível concluir que a distância média ponderada percorrida segundo a solução proposta é de 41 metros, o que apresenta uma melhoria de aproximadamente 48% (38 metros) comparativamente a uma distância média ponderada percorrida atual de 79 metros.

Tabela 6 - Distância percorrida em metros no processamento de tubos, tempo despendido correspondente em segundos e comparação com dados atuais.

Família	Referência de tubo a analisar	Distância percorrida <i>layout</i> :		Tempo despendido		Redução de distância percorrida	
		Atual Proposto		Atual Proposto			
A	A1	68	34	102	51	34m	50%
	A2	66	62	99	93	4m	6.1%
B	B1	80	47	120	70.5	33m	41,3%
	B2	131	43	196.5	64.5	88m	67.2%
C	C1	73	51	109.5	76.5	22m	30,1%
	-	-		-		-	
D	D1	114	74	171	111	40m	35,1%
	D2	91	49	136.5	73.5	42m	46,2%
E	E1	127	42	190.5	63	85m	67%
	E2	136	67	204	100.5	69m	50,7%
F	F1	96	39	144	58.5	57m	59,4%
	F2	103	50	154.5	75	53m	51,5%
G	G1	74	51	111	76.5	23m	31,1%
	G2	71	30	106.5	45	41m	57,7%
H	H1	98	35	147	52.5	63m	64,3%
	H2	93	63	139.5	94.5	30m	32,3%
Outros		Não analisados					

Relativamente ao *Spaghetti Diagram* do fluxo de produto após alimentação de matéria-prima, na Figura 43, são analisados os fluxos dos componentes de câmaras de combustão até às células de montagem, e na Tabela 7 são apresentadas as distâncias percorridas correspondentes.

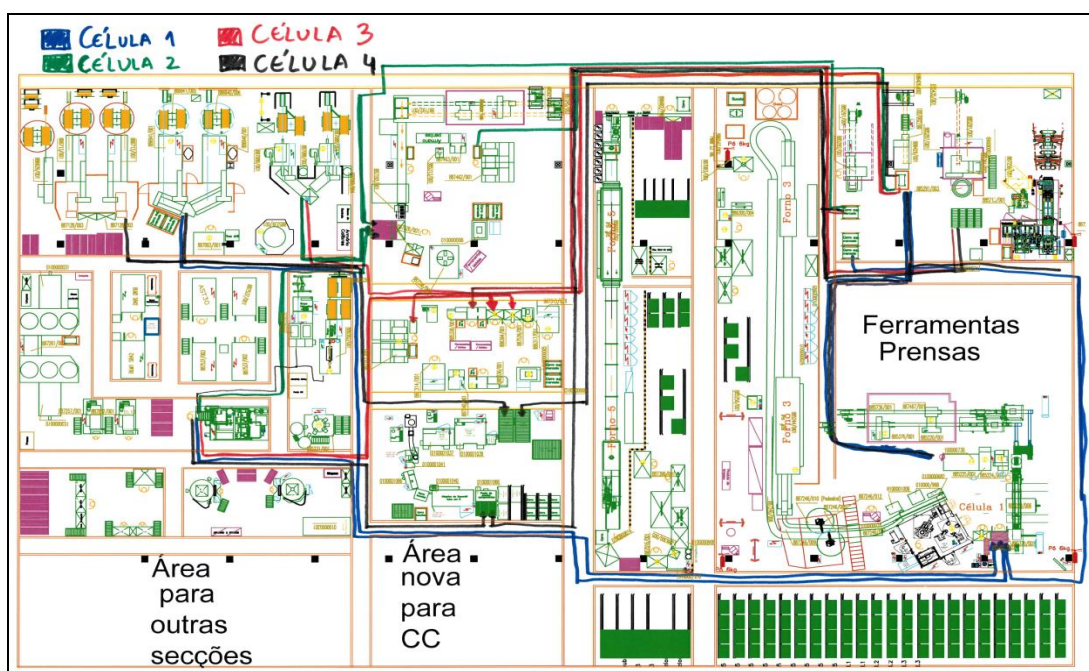


Figura 43 - *Spaghetti Diagram* de fluxo de componentes até às células de montagem. Célula 1 a azul, Célula 2 a verde, Célula 3 a vermelho e Célula 4 a preto.

Analisando os valores da Tabela 7, é possível concluir que a distância média percorrida segundo a nova proposta é de aproximadamente 54 metros para o componente 1, o que representa um aumento de aproximadamente 11 metros comparativamente a uma distância média percorrida atualmente de 43 metros.

Tabela 7 – Distância percorrida pelos componentes em metros até às células de montagem e comparação com a distância percorrida atual.

Célula\Componente	Comp. 1		Comp. 2		Comp. 3		Comp. 4		Comp. 5	
	Atual	Proposto	Atual	Proposto	Atual Proposto		Atual	Proposto	Atual Proposto	
1	43	80	185	69	Auto ¹⁰ Auto		58	41	65	27
Δd.atual-d.proposto	-37		116				17		38	
2	46	9	247	30			27	44	10	37
Δd.atual-d.proposto	37		217				-17		-27	
3	25	17	199	41	8	60	19	47	21	52
Δd.atual-d.proposto	8		158		-52		-28		-31	
4	46	34	249	31	60	74	65	61	67	49
Δd.atual-d.proposto	12		218		-14		4		18	

Relativamente ao componente 2, o mesmo apresenta na solução proposta uma distância percorrida ponderada de 53 metros, resultando numa melhoria de 155 metros relativamente aos 208 metros percorridos atualmente. Também se conclui que a distância média ponderada percorrida é de aproximadamente 65 metros para o componente 3, o que representa um aumento de aproximadamente 39 metros comparativamente a uma distância média ponderada percorrida atualmente de 26 metros. Relativamente ao componente 4, o mesmo apresenta na solução proposta uma distância ponderada percorrida de 44 metros, resultando numa melhoria de 4 metros relativamente aos 48 metros percorridos atualmente. Quanto ao componente 5, o mesmo apresenta na solução proposta uma distância percorrida ponderada de 34 metros, resultando numa melhoria de 15 metros comparativamente com os 49 metros percorridos atualmente.

Extrapolando estes valores para um valor de análise global, existe uma redução média de distância percorrida por percurso de 17 metros.

Posteriormente são analisados os fluxos nas células de montagem e o posterior transporte até à entrada dos fornos, como indicado na Figura 44.

¹⁰ Abastecimento automático de lamelas nas células 1 e 2.

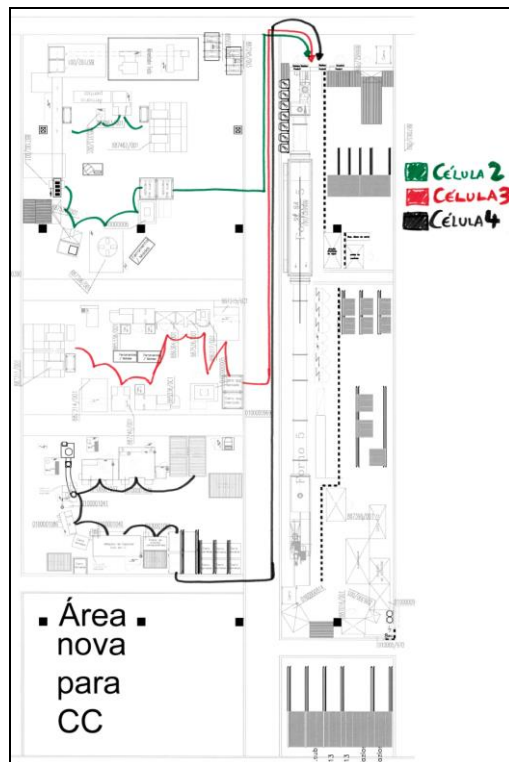


Figura 44 - *Spaghetti Diagram* de fluxo de componentes nas células de montagem e de produto montado até à entrada no forno. Célula 1 a azul, Célula 2 a Verde, Célula 3 a vermelho e Célula 4 a preto.

Na Tabela 8 são apresentados os valores correspondentes à distância percorrida entre a células de montagem e a entrada do forno de brasagem.

Tabela 8 - Distância percorrida, em metros, no transporte das câmaras de combustão montadas nas células de montagem até à entrada do Forno e comparação com realidade atual.

Célula	Percurso Câmara Montada - Forno		Δd.atual-d.proposto
	Atual Proposto		
1	Transporte automático		
2	31	15	16
3	10	22	-12
4	61	37	24

Atualmente a distância percorrida entre a célula de montagem 2 e o forno de brasagem é de aproximadamente 31 metros, pelo que o valor de 15 metros percorridos relativos à solução proposta significa uma redução de distância de transporte de 16 metros. Relativamente ao percurso entre a célula 3 e o forno de brasagem, a solução proposta admite uma distância de 22 metros percorridos, o que significa um aumento de 12 metros comparativamente aos 10 metros percorridos atualmente. Finalmente, de acordo com a análise efetuada, a distância percorrida entre a célula 4 e o forno de brasagem segundo a solução proposta é de 37 metros, o que significa uma redução ao nível do transporte de 24 metros comparativamente ao 61 metros percorridos atualmente.

Efetuada uma média ponderada da distância percorrida, conclui-se que existe uma redução na distância média percorrida por percurso de aproximadamente 12 metros.

4.3.2 Área ocupada

Foi também efetuada uma análise das áreas ocupada. A área requerida pelo *layout* atual é aproximadamente 1720m^2 e a área ocupada pelo *layout* da solução proposta é aproximadamente 1880m^2 .

Analisando estes valores, conclui-se que existe um aumento de cerca de 9% da área requerida. Este aumento pode ser explicado por dois fatores:

- Perspetiva de expansão futura no desenvolvimento da proposta: Este é o principal fator que contribui para o ligeiro aumento da área requerida e deve-se ao fato da proposta ter sido desenvolvida com equipamentos espaçados e várias “áreas mortas” passíveis de aproveitamento futuro;
- Adição de novos equipamentos: A substituição de um equipamento de dobragem por um novo e a adição de um novo equipamento de corte e dobragem têm um impacto superior a 2% na percentagem de aumento de área requerida (9%);

5 Outros projetos

5.1 QCO de equipamento de dobrar com mandril

5.1.1 Enquadramento do Problema

Ao longo do decorrer do projeto, foram efetuadas visitas constantes ao *Gemba*. Numa destas visitas foi identificado um *Quick Changeover* aparentemente não otimizado num equipamento de dobragem com mandril da secção de tubos de cobre.

O equipamento em questão (Figura 45) é o *bottleneck* da secção e pertence ao centro de dobragem da secção de tubos de cobre, onde é esperado haver um aumento de capacidade por aquisição de dois novos equipamentos, tal como exposto no capítulo 3.

Por turno são efetuadas cerca de 3 mudanças de ferramenta, e, segundo os registos de controlo, cada uma destas mudanças apresenta uma duração aproximada de 20 minutos, o que origina a indisponibilidade do equipamento de cerca de 60 minutos por turno.

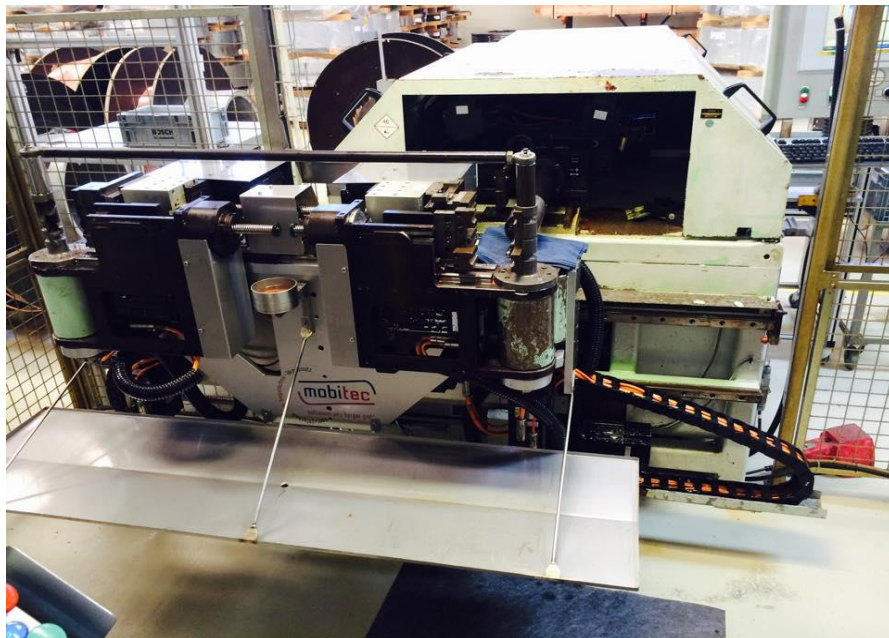


Figura 45 – Equipamento de dobragem com mandril.

5.1.2 Abordagem ao problema

Para efetuar uma análise detalhada do processo de mudança de ferramenta, foi realizada uma gravação de vídeo que permitiu identificar as ações praticadas nesse processo e verificar a conformidade dos registos de tempos dedicados a *Changeovers* do equipamento.

As ferramentas a substituir são apresentadas na Figura 46 e são:

- 1- Barra estabilizadora;

- 2-Torre;
- 3-Mandril e pinças;
- 4-Mordças

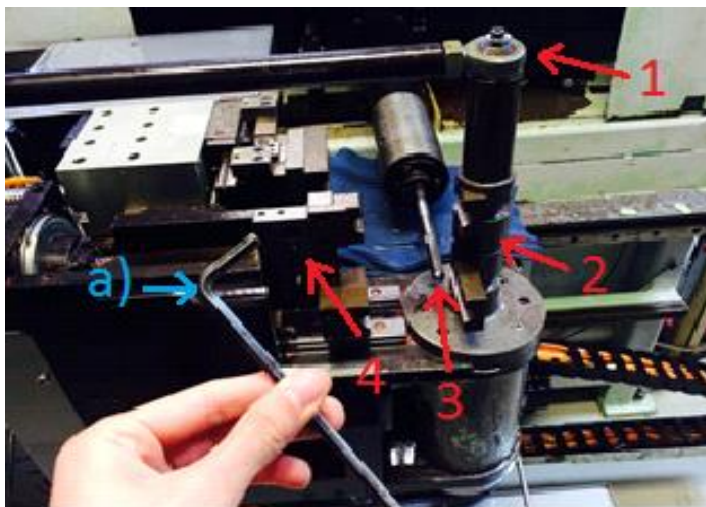


Figura 46 – Ferramentas do equipamento.

Todas estas ferramentas são fixadas ao equipamento por parafusos de cabeça sextavada interna que, aquando da mudança, têm de ser desapertados com o auxílio de uma chave “Umbrako” (a) na Figura 46). Na Tabela 9 estão representados o número e tipo de parafusos de fixação para cada uma das ferramentas.

Tabela 9 – Tabela de especificação de número e tipo de parafusos utilizados para a fixação de ferramentas

Ferramenta	Número de Parafusos de fixação	Tipo de parafuso de fixação
Barra estabilizadora	1	M5
Torre	6	M5
Mandril e pinças	3	M4
Mordças	3 e 4	M6 e M4, respetivamente

As ações inerentes à execução da tarefa de mudança de ferramentas foram listadas e estão apresentadas no Anexo G, juntamente com as ações propostas de melhoria (destacadas a azul). Esta melhoria consiste na implementação de uma aparafusadora como a apresentada na Figura 47, o que permitiria reduzir drasticamente a duração das ações internas, como a de aperto e desaperto de parafusos com uma chave “Umbrako”.



Figura 47 – Aparafusadora pneumática

Os tempos utilizados para estimar os valores da duração das ações de melhoria propostas são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Tempo standard tabelado para execução de tarefa em segundos

Tarefa	Tempo standard tabelado para execução de tarefa [s]
Pegar num parafuso	2.7
Apertar um parafuso com aparafusadora	1
Transporte de parafuso de furo para furo	1.08
Trocar de ponteira (<i>bit</i>)	6

5.1.3 Estudo e apresentação de proposta

Quanto à implementação, deve ser adquirida uma aparafusadora (idealmente elétrica pois apresenta um consumo inferior) com gancho de forma a permitir o aperto ergonómico em dois eixos, três ponteiros de tamanhos M4, M5 e M6 e deve ser instalada uma estrutura de suporte com desenrolador que permita usar ergonomicamente a aparafusadora, tal como representado na Figura 48.

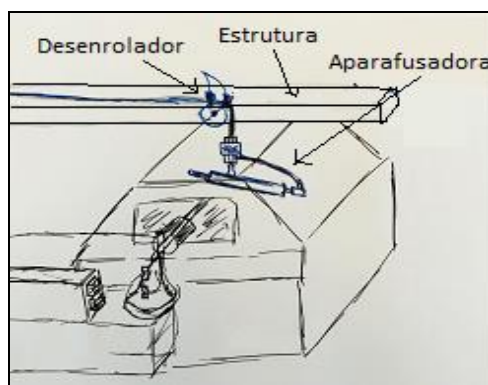


Figura 48 – Esquema da estrutura proposta

Tendo em conta que a redução prevista de tempo de Changeover é de 9 minutos e 12 segundos (apresentado no Anexo G), e analisando o tempo de ciclo dos tubos mais representativos produzidos pelo equipamento, é possível estimar a % de melhoria de OEE. Para tal, é necessário obter o valor do tempo de ciclo médio da dobragem de tubo no equipamento. Os tubos mais representativos são apresentados na Tabela 11 com os respetivos tempos de ciclo, de forma a calcular o tempo de ciclo médio.

Tabela 11 – Tempos de ciclo de tubos mais produzidos no equipamento em análise.

Nº ID de tubo a analisar	Tempo de Ciclo (segundos)	Média TC (segundos)
1	23.36	20.19
2	9.70	
3	19.1	
4	28.6	

No caso de implementação, o QCO originará um aumento de OEE de aproximadamente 6% no equipamento.

5.2 Implementação de Instruções Visuais no controlo de serpentinas de Cobre

5.2.1 Enquadramento do Problema

No âmbito do projeto de controlo de componentes para a produção de câmaras de combustão, houve a necessidade de implementar um conjunto de meios de controlo de serpentinas para as várias famílias de produto. Esta inserção foi estritamente necessária devido à falta de controlo eficaz dos componentes e à geração considerável de sucata causada por serpentinas fora de conformidade. Para além disso, as serpentinas fora de cota originavam brasagens ineficazes aquando da passagem do forno, o que culminava na necessidade de retrabalho das mesmas.

Neste sentido, foram fornecidos vários dispositivos de calibragem para a monitorização visual e controlo de serpentinas. As serpentinas são componentes oriundas do processo de dobragem e corte de equipamentos CNC adaptados para o efeito. Estas são conformadas e, posteriormente nas células de montagem, são ajustadas ao bloco (ou platina formada) que, juntamente com cotovelos, fusíveis e tubos em U, originarão a câmara de combustão.

Os calibres em causa têm por base o controlo visual de vários troços característicos, correspondentes aos troços que serão brasados à platina da câmara. Estes troços são naturalmente conhecidos pelos responsáveis e técnicos do processo, bem como pelos operadores, para facilitar as eventuais correções a efetuar na programação CNC dos equipamentos à posteriori.

As alterações a efetuar só se justificam, no caso de variação do produto. Esta variação do produto ocorre devido às diversas variáveis associadas à matéria-prima em forma de bobine de tubo de cobre. Para um controlo eficiente, com uma margem de manuseamento restrita e controlada, a fim de se garantirem as condições para uma boa ligação (por brasagem) à platina, foram criados documentos de auxílio aos colaboradores que laboram no terreno.

A proposta foi a de implementação de Instruções Visuais (ou IV), documentação sobretudo informativa e para que todos os operadores que, mesmo nunca tendo trabalhado na estação de trabalho em questão, se sintam à vontade no exercício das suas (novas) funções. Os desperdícios identificados foram sobretudo erros causados por serpentinas fora dos padrões de conformidade, assim como retrabalhos, originados por brasagens ineficazes causadas pela falta de precisão nas dimensões das serpentinas.

5.2.2 Abordagem e Implementação de Instruções Visuais

As Instruções Visuais são documentos que servem para auxiliar o operador sob todas as formas, nomeadamente para: desmistificar todas as dúvidas no processo, auxiliar para o modo de operar, ajudar no controlo e na forma de atuar perante os equipamentos e meios de controlo, bem como inculcar *know how* e alertar para os pormenores que farão diferença na sua produtividade.

De forma a standardizar o processo, e a garantir que o colaborador dedicado aos equipamentos que processam serpentinas proceda à execução do teste de validação por calibre, foi desenvolvido um documento – em “Anexos H” – que visa a padronizar e assegurar a existência deste controlo.

O controlo efetuado é segundo os vários troços e de forma independente, tendo em vista os efeitos produzidos nas células de montagem.

Por fim, destaca-se o facto desta IV ser parte fundamental para o bom funcionamento da produção das serpentinas e da redução de incidência, ou no pior dos casos sucata, o que reduz o volume de ações de retrabalho e, conseqüentemente, aumenta a produtividade e eficiência da Secção. Esta premissa torna-se indiscutivelmente relevante devido ao facto de incutir ao operador um método simples e eficaz de controlo do produto, sem que este ponha em causa o produto produzido.

O documento encontra-se no posto de trabalho (Figura 49): validado, aprovado e aplicado, de forma a garantir o controlo dimensional e visual das serpentinas.

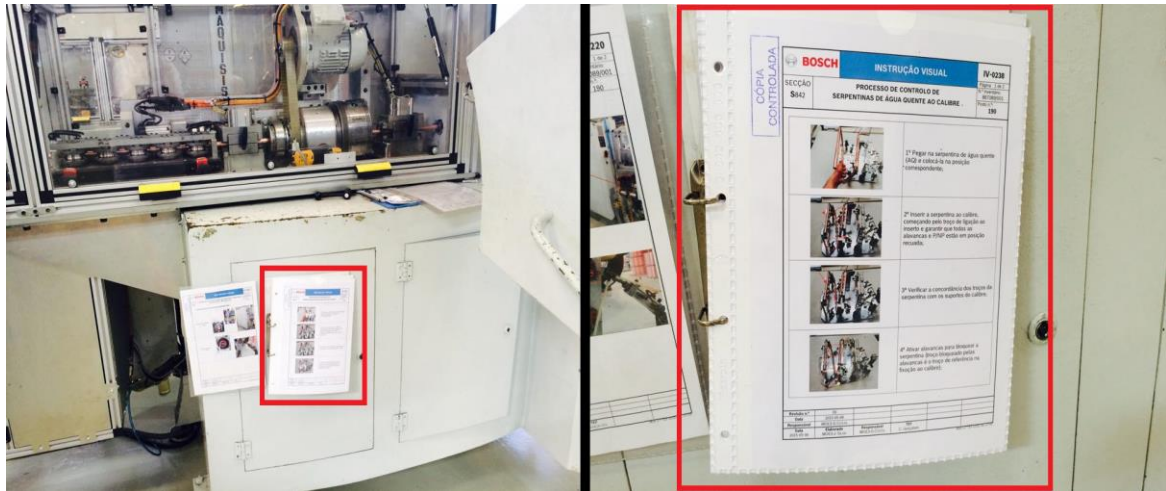


Figura 49 – Instruções Visuais presente no posto de trabalho.

6 Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros

A alteração do *layout* existente é um projeto desafiador, complexo e com bastantes variáveis. Neste sentido, o objetivo ao proceder ao *design* do novo *layout*, deve ser o de obter a solução mais otimizada possível, sendo importante perceber que atingir a solução ótima pode ser um processo que demora anos e, eventualmente, chegar a não ser atingido antes de uma mudança substancial dos produtos e processos. Desta forma, o *design* de um *layout* deve ser entendido como um problema de otimização contínua (projetos idênticos foram desenvolvidos na *Bosch* em Itália (Rahani e al-Ashraf, (2012) e em Espanha (Ren et al, 2015)).

Após análise dos dados, pode-se concluir que a solução proposta apresenta resultados consideravelmente positivos, na medida em que é possível eliminar diretamente desperdícios atuais. A reformulação do *layout* diminui significativamente a distância percorrida pelos operadores logísticos responsáveis por efetuar o transporte de produto entre estações de trabalho, o que permite a redução dos *mudas* de transporte. Estas alterações permitem uma melhor organização do fluxo de materiais e de informação, o que se refletirá numa melhoria da eficiência das secções.

É de referir ainda que, esta solução propõe um *layout* flexível, na medida em que o mesmo é adaptável às alterações futuras ou estratégias – nomeadamente tecnológicas ou de mercado - por parte do próprio departamento ou administração.

Em traços gerais, foram alcançados os objetivos propostos, que eram:

- Redução de desperdício de transporte de produto ao longo do processo produtivo;
- Criação de *layout* com conceito de expansão de capacidade produtiva da secção de tubos de cobre – recorrendo à adição de dois novos equipamentos;
- Criação de *layout* orientado por fluxos de material otimizado para as famílias de produto de maior volume de produção.

Estas melhorias permitem um aumento de eficiência nas secções, flexibilidade produtiva (já que os equipamentos dedicados à produção de componentes semelhantes estão agora alinhados) e, conseqüentemente o aumento de *output* produtivo.

Após estudo do impacto das reduções de desperdício ao nível do transporte efetuado, e tendo realizado o estudo da produção de tubos de cobre e câmaras de combustão, foi possível concluir que existe uma poupança de tempo considerável, o que em termos monetários permite obter um *payback* do investimento em aproximadamente um ano e oito meses. O investimento associado é naturalmente o necessário para garantir a prestação do serviço de transporte de equipamentos e criação de infraestruturas por parte de uma empresa externa. Este foi estimado de acordo com as propostas apresentadas pelos fornecedores aquando da orçamentação requerida para a alteração do *layout* inicialmente proposto mas entretanto cancelado.

Segundo a solução proposta, existe um aumento de 2 metros de distância percorrida na alimentação de matéria-prima (aumento de 9.5%). Também as distâncias equivalentes ao

fluxo de produto são diminuídas aproximadamente em média 38 metros (redução de 48%) para a secção de tubos de cobre e 15 metros (redução de 23%) para a secção de câmaras de combustão. Também o *Key Performance Indicator* (KPI) mais valorizado pela empresa - a eficiência (medida como a redução de recursos para o mesmo output) - aumenta nas secções onde o projeto foi desenvolvido em 3%, o que contribui em 50% para o objetivo anual do departamento. Em termos globais, a eficiência aumenta 0.2% da eficiência global da empresa para um objetivo anual global de 4%, o que representa uma contribuição de 5%.

Conclui-se que existe um aumento de cerca de 9% da área requerida, podendo ser explicado por dois fatores: adição de novos equipamentos e perspectiva de expansão futura no desenvolvimento da proposta.

Ambas as partes saíram beneficiadas pelo acontecimento do projeto, já que pessoalmente, os conhecimentos adquiridos numa empresa em cuja filosofia produtiva se rege por conceitos *Lean* é interessantíssima para uma primeira experiência laboral; e da perspectiva da empresa, foi certamente positivo já que foi desenvolvido um projeto que visa a melhorar o funcionamento de duas secções produtivas chave no funcionamento da empresa, aumentando a sua eficiência global.

6.1 Trabalhos futuros

Após a conclusão deste projeto de melhoria de fluxo na secção de tubos e câmaras de combustão, e da procura de um fluxo mais direto e curto na secção de tubos de cobre, existem ainda oportunidades de melhoria futuras. Algumas dessas possibilidades poderão passar pelos seguintes aspetos:

- Elaboração de Caderno de Encargos referente ao layout proposto;
- Continuação do projeto de QCO da Máquina de dobrar com mandril, assim como análise à lubrificação do tubo para dobragem. Existe margem de melhoria no tempo de ciclo desta dobragem;
- Revisão de abastecimento e armazenamento de matéria-prima em forma de bobine de cobre;
- Melhoria na Célula 4 – Falta de bordo de linha à saída do posto de Brasagem. Estudar possibilidade de arrefecimento do produto à saída da estação de trabalho.

Referências

- BPS (2013). *Bosch Production System: Always. Doing. Better.* Germany: Stuttgart.
- Bosch (2015). *Manual de ergonomia Bosch*, Aveiro.
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Switzerland: Kaizen Institute.
- Domingo, R., Alvarez, R., Melodía Peña, M., & Calvo, R. (2007). "Materials Flow Improvement in a Lean Assembly Line: a Case Study", *Assembly Automation*, Vol. 27, No. 2, pp. 141-147.
- EconómicoTV (2015). "Como se Faz" um esquentador. Acessível através de <https://www.youtube.com/watch?v=OWgK2pPEUCI> acedido em Junho de 2015.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). "The Seven Value Stream Mapping Tools", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, No. 1, pp. 46-64.
- Holweg, M. (2007). "The Genealogy of Lean Production", *Journal of Operations Management*, Vol. 25, No. 2, pp. 420-437.
- Jia, Z., Lu, X., Wang, W., & Jia, D. (2013). "Design and Implementation of Lean Facility Layout System of a Production Line", *International Journal of Industrial Engineering*. Vol. 20, Nos. 7-8, pp. 502-514.
- Larguesa, A. (2015). *Bosch investe 25 milhões de euros em Aveiro*, *Jornal de Negócios*, 13 de Março de 2015, Acessível através de http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/detalhe/bosch_investe_25_milhoes_de_euros_em_aveiro.html
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: beyond Large-scale Production*. Productivity press.
- Ott, S., & Jones, K. (1999). *Cellular Manufacturing: One-Piece Flow for Work-teams*. Productivity Development Team. Steiner Books. USA: Portland
- Peterson, J., & Smith, R. (1998). *The 5S Pocket Guide*. Productivity Press.
- Rahani, A. R., & al-Ashraf, M. (2012). "Production Flow Analysis Through Value Stream Mapping: a Lean Manufacturing Process Case Study", *Procedia Engineering*, Vol. 41, pp. 1727-1734.

Ren, C., Barlotti, C., Cohen, Y., Frangipane, B., Garofalo, M., Cozzari, G., & Metz, C. (2015). "Re-layout of an Assembly Area: a Case Study at Bosch Rexroth Oil Control", *Assembly Automation*, Vol. 35, No. 1, pp. 94-103.

Rother, M., & Harris, R. (2001). *Creating Continuous Flow*. Lean Enterprise Institute, Brooklin

Shimbun, N. K. (1988). *Poka-yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects*. USA: Productivity Press.

Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: the SMED system*. Productivity Press. Portland, USA.

Toyota (2015) Corporate Info. Acessível através de <http://www.toyota-industries.com/corporateinfo/history/> acedido em Junho de 2015.

Vulcano (2015). Consulta do site da Vulcano. www.vulcano.pt acedido em Junho de 2015.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2010). *Lean thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Simon and Schuster. New York.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Simon and Schuster.

ANEXO A: Caderno de Encargos

Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX
		PAG. 1 DE 12
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	Data: XX-XX-2015

Produto:	S843 e S842
Fábrica/ Secção	Bosch Aveiro/ S843 e S842
Planeamento:	

Data do pedido de cotação:	Dia XX-XX-2015
Data prevista para a receção da oferta (na Bosch): ...	Dia 08-05-2015
Data prevista para a encomenda:	Dia 15-06-2015
Data prevista para a aprovação do projeto:	NA
Data prevista para a pré-aprovação no fornecedor: ...	NA
Data prevista para entrega na Bosch:	Dia 31-08-2015
Data prevista para comissionamento:	NA
Data prevista para a aprovação final:	Dia 31-08-2015

Cumprimento das condições estabelecidas

Ambas as partes concordam que os requisitos descritos na Normas BOSCH e neste documento são necessárias para satisfazer as necessidades do cliente.

Com a sua assinatura o fornecedor está a garantir, que cumpre com todas as especificações deste Caderno de Encargos.

É da responsabilidade do fornecedor garantir que possui a versão correta das Normas BOSCH.

Quaisquer desvios a este CE deverão ser aprovados pelo emissor deste documento.
Este documento sobrepõe-se ao orçamento dado.

Departamento Técnico	Fornecedor
_____	_____
Data: __/__/__	Data: __/__/__

Pessoa de contacto para questões:

Nome	Departamento	Telefone	Fax
MOE3- Rui Rodrigues	Líder de projeto/ Coordenador	234925553	
MOE3- Júlio Silva	Engº Processo/ Desenho	914466969	
QMM-João Pacheco	Qualidade		
HSE- Fernando Amaro	Ambiente/ Segurança		
FCM-Luis Clemêncio	Infraestruturas		

Mod. n.º TEF-XXX, rev. n.º XX

Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	PAG. 2 DE 12
		Data: XX-XX-2015

ÍNDICE (Versão em português):

1. Introdução	3
2. Transformação	3
2.1 Especificações de Alimentação de Equipamentos	5
2.1.1 Equipamentos da S843	5
2.1.2 Novos equipamentos	6
2.1.3 Equipamentos da S842	8
3. Abate de Equipamentos	10
3.1 Máquina de lavar S842	10
4. Requisitos de Ligações Elétricas	10
5. Planeamento	12

Mod. n.º TEF-XXX, rev. n.º XX

Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	PAG. 1 DE 12
		Data: XX-XX-2015

Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	PAG. 3 DE 12
		Data: XX-XX-2015

1. Introdução

Este caderno de encargos tem como objetivo a especificação de uma alteração de *layout*, nomeadamente o da Secção de Tubos de Cobre: S843. Esta reformulação de *layout* tem como principal objetivo a eliminação de desperdícios de transporte do produto ao longo do processo produtivo, assim como a inserção de novos equipamentos com vista à expansão da Secção. Desta forma, a secção (atualmente no espaço a amarelo na figura 1) será reorganizada no espaço a vermelho na figura 1. Resta dizer que o equipamento Maquisis desta secção será abatido; o mesmo é diferenciado com uma cruz laranja na figura 1.

A acrescentar a estas ações, derivado do abate da Máquina de lavar da S842 e da eliminação de supermercados intermédios (ambos marcados com cruzes brancas na figura 1) da mesma secção, será também efetuada uma alteração na disposição da S842 (a azul na figura 1), que será postumamente especificada neste CE.

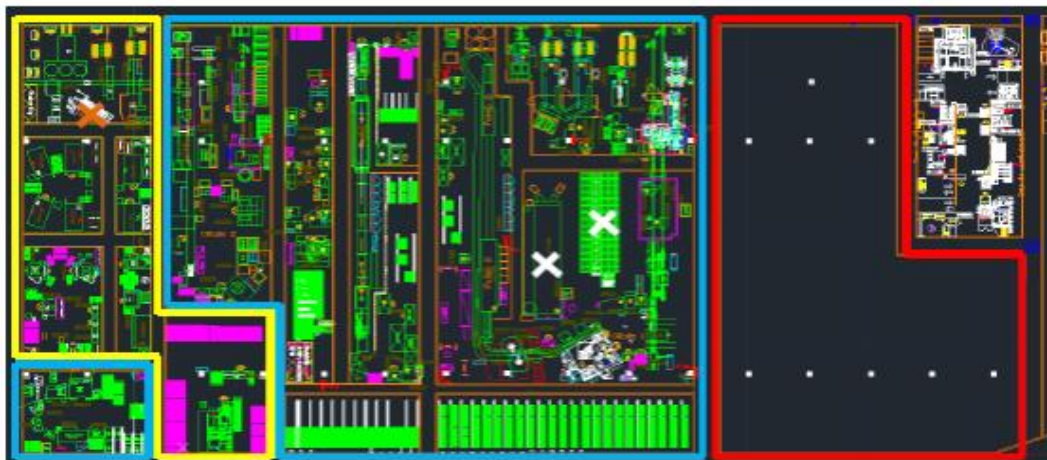


Figura 1 – Layout atual -da esquerda para a direita- da: S843 (amarelo), S842 (azul) e Solar (vermelho);

2. Transformação

A Secção 843 é reorganizada e transportada para o espaço a vermelho na figura 1 e está destacada a amarelo nas figuras 2 e 3. Existe também a adição de dois equipamentos: *BLM 4 runner* e *BLM Smart*, que estão indicadas na figura 3 com cruzes verdes e são iguais aos equipamentos já existentes *BEMA* e *Mobitec*, respetivamente.

A Secção 842 é reformulada, sendo abatida a máquina de lavar e os supermercados intermédios – destacados com cruzes brancas na figura 2.

Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX PAG. 4 DE 12
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	Data: XX-XX-2015

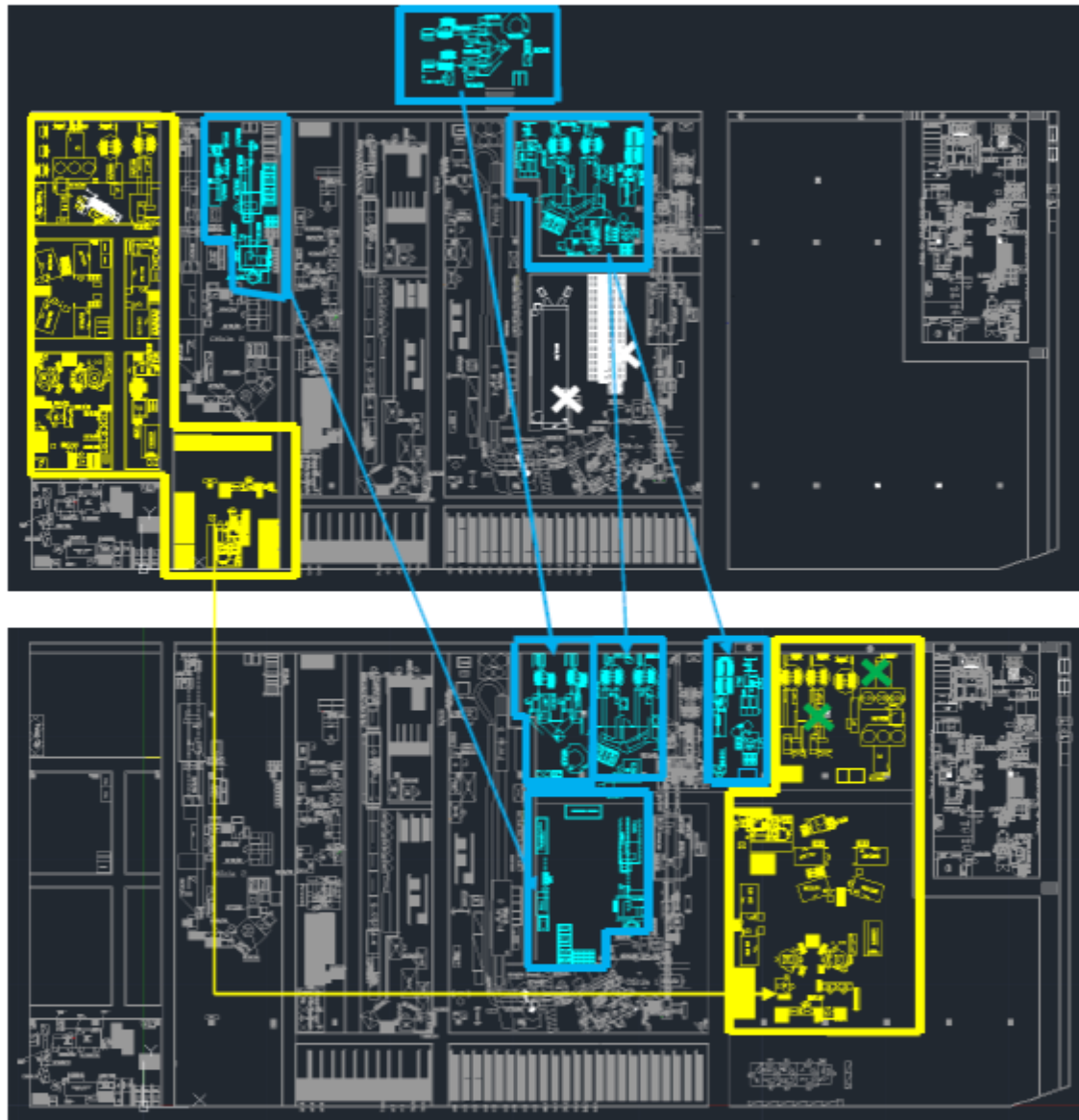


Figura 2 e 3 – Layout atual com equipamentos a transportar destacados
E Layout alterado com equipamentos transportados destacados, respetivamente.

Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX
		PAG. 5 DE 12
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	Data: XX-XX-2015

2.1 Especificações de Alimentação de Equipamentos

2.1.1 Equipamentos da S843

Equipamento			Alimentação					Outros
Legenda	Referência	Designação Equipamento	Elettricidade	Ar Comprimido (a 6bar)	Água	Esgoto	Exaustão	Outros
1		BEMA	6.5 kW	tubo 10	Não	Não	Não	-
2		SMI	3.1 kW	tubo 10	Não	Não	Não	-
4		Mobitec	7.5 kW	tubo 10	Não	Não	Não	--
5		Serrote	2.2 kW	(não tem)	Não	Não	Não	-
6		BLM insertos	23 kW*	tubo 10	Não	Não	Não	-
6'		BLM insertos	23 kW*	tubo 10	Não	Não	Não	-
7		Final insertos	5.5 kW	tubo 10	Não	Não	Não	-
8		AST 30	14 kW*	tubo 10	Não	Não	Não	-
9		BLM Compact	16.5 kW*	tubo 10	Não	Não	Não	-
9'		BLM Compact	16.5 kW*	tubo 10	Não	Não	Não	-
9''		BLM Compact	16.5 kW*	tubo 10	Não	Não	Não	-
10		BLM revólver	15 kW	tubo 10	Não	Não	Não	-
11		NEEF	6 kW	tubo 10	Não	Não	Não	-
12		Brasagem auto	Sim	tubo 12	Água recirculada a 3 bar	Sim	Sim	Oxigénio e Gás Natural 0.3bar
13		Brasagem semiauto	Sim	tubo 10	Água recirculada 3 bar	Sim	Sim	Oxigénio e Gás Natural 0.3bar
14		Brasagem manual	Sim	tubo 6 + tubo 8	Água recuperada	Sim	Sim	Oxigénio, Gás Propano 1.5 bar e Gás Natural 0.3bar
15		Teste Água	Apenas para iluminação	tubo 8	Água recirculada a 3 bar	Sim	Não	Outro tubo rígido de Água a 3 bar
16		Montagem 1	Apenas para iluminação	tubo 12	Não	Não	Não	-
16'		Montagem 2	Apenas para iluminação	tubo 12	Não	Não	Não	-
17		Armário Ferramentas	3.3 kW	(não tem)	Não	Não	Não	-
18		Máquina de Lavar	75 kW*	tubo 3/4"	Sim	Sim (Etar)	Não	Água industrial
19		Auditoria avançada	Apenas para iluminação	(não tem)	Não	Não	Não	-
20		Dry-Test	3.5 kW	tubo 8	Não	Não	Não	-
21		Prensa Navipa	2.2 kW	(não tem)	Não	Não	Não	-
22		Serra	1.25 kW	(não tem)	Não	Não	Não	-
23		Prensa tubos Solar	(não tem)	tubo 8	Não	Não	Não	-

Tabela 1 – Especificação de alimentação dos equipamentos da S843.

Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX
		PAG. 6 DE 12
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	Data: XX-XX-2015

Os equipamentos "6", "6' ", "8", "9", "9' ", "9' ", "10" e "18" – com o valor da Potência marcado a amarelo e com um asterisco na tabela 1 - têm ligação direta ao quadro de Potência.

2.1.2 Novos equipamentos

Serão adquiridos dois equipamentos que estão legendados na figura 4 com as denominações de Z e Y, sendo que estes estão representados na tabela 2 com as designações de "BLM 4 runner" (Z na tabela) e "BLM smart" (Y na tabela).

A alteração apresentada nas figuras 2 e 3 é a mesma que a representada na figura 4, porém com um maior foco na Secção 843.

Relativamente aos dados apresentados na tabela 1, estes são demonstrativos das especificações de alimentação dos equipamentos listados – correspondentes aos apresentados no *layout* (figura 4).

Equipamento			Alimentação					Outros
Legenda	Referência	Designação Equipamento	Eletricidade	Ar Comprimido (a 6bar)	Água	Esgoto	Exaustão	Outros
Y	S/nº inventário	BLM Smart	12 kW	tubo 10	Não	Não	Não	-
Z	S/nº inventário	BLM 4 runner	12 kW	tubo 10	Não	Não	Não	-

Tabela 2 – Especificação de alimentação dos equipamentos futuros da S843.

Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	PAG. 7 DE 12
		Data: XX-XX-2015

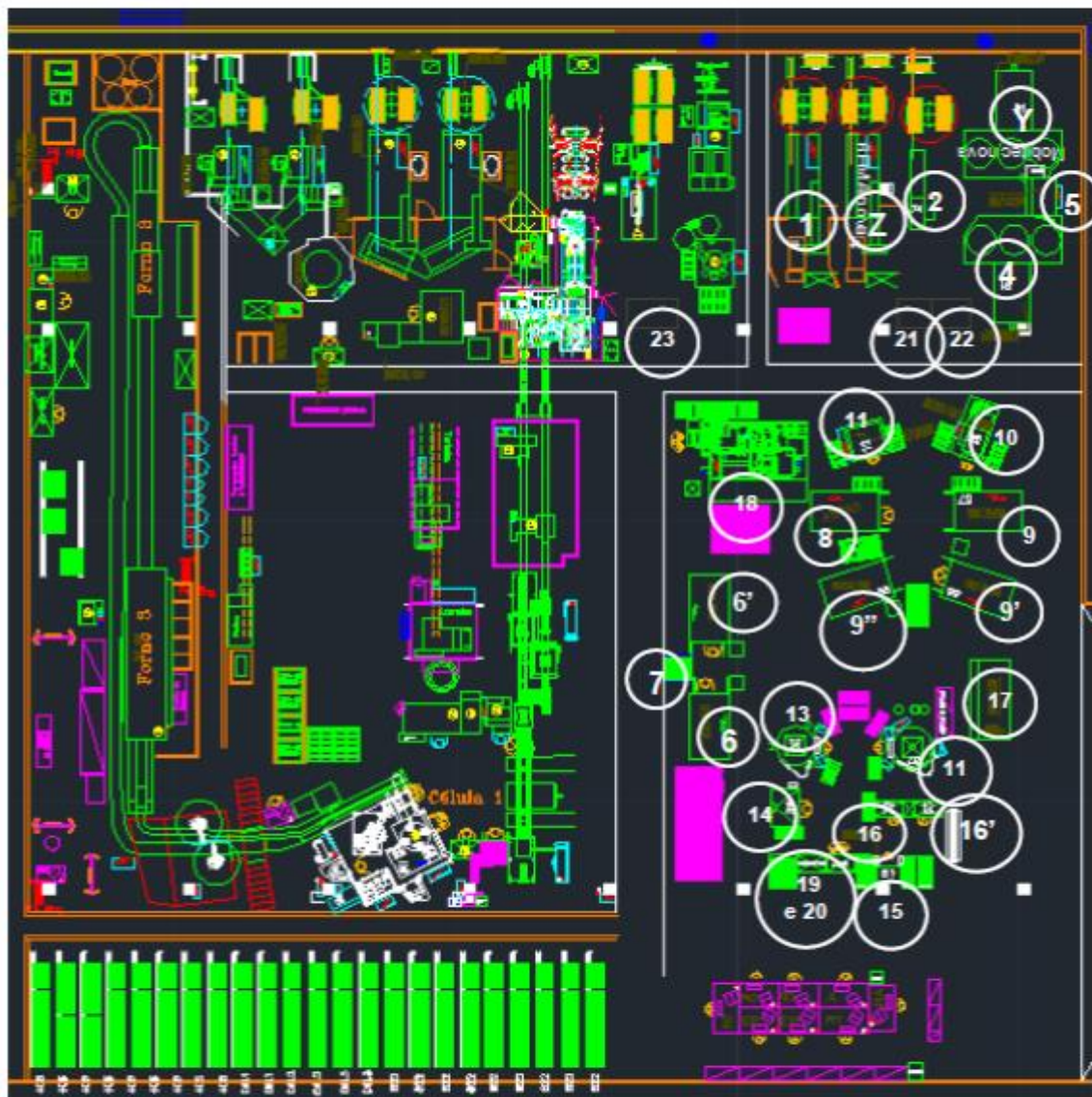


Figura 4 – Layout demonstrativo das alterações efetuadas na S843

**BOSCH****Caderno de Encargos****ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843****CE-XXXX**

PAG. 8 DE 12

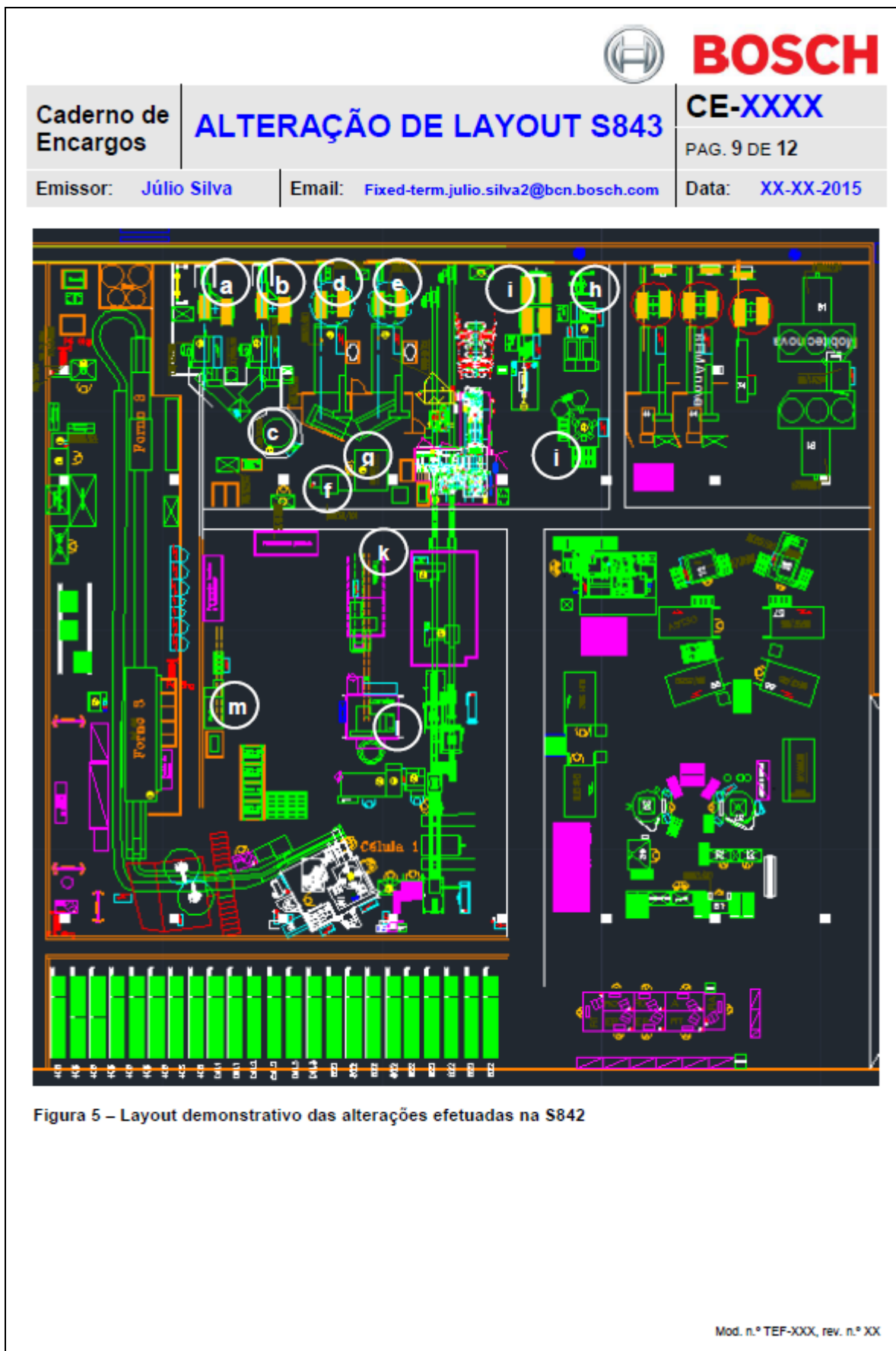
Emissor: **Júlio Silva**Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.comData: **XX-XX-2015****2.1.3 Equipamentos da S842**


Equipamento			Alimentação					Outros
Legenda	Referência	Designação Equipamento	Eletricidade	Ar Comprimido (a 6bar)	Água	Esgoto	Exaustão	Outros
a	887088/001	Maquisis CNC AF	20 kW	tubo 3/4"	Não	Não	Não	-
b	887089/001	Maquisis CNC AQ	20 kW	tubo 3/4"	Não	Não	Não	-
c	885239/001	Transfer Maquisis	16.5 kW	tubo 1 1/2"	Não	Não	Não	-
d	886940/001	SMI esq	8 kW	tubo 10	Não	Não	Não	-
e	886941/001	SMI dir	8 kW	tubo 8	Não	Não	Não	-
f	0100000595	Transfer SMI	2.8 kW	tubo 12	Não	Não	Não	-
g	887093/001	Acabamento SMI	12 kW	tubo 8	Não	Não	Não	-
h	885232/001/002	Cotovelos	7 kW	tubo 3/4"	Não	Não	Não	-
i	886582/001	Fusíveis	5.9 kW	tubo 8	Não	Não	Não	-
j	0100000905	Acabamentos	10 kW	tubo 3/4"	Não	Não	Não	-
k	885292/001	Prensa Turbuladores	3.5 kW	tubo 3/4"	Não	Não	Não	-
l	885291/002	Prensa lamelas	9 kW	tubo 3/4"	Não	Não	Não	-
m	886426/001	Prensa platinas	7.5 kW	tubo 3/4"	Não	Não	Não	-

Tabela 3 - Especificação de alimentação dos equipamentos da S842.

A alteração apresentada nas figuras 2 e 3 é a mesma que a representada na figura 5, porém com um maior foco na Secção 842.

Relativamente aos dados apresentados na tabela 3, estes são demonstrativos das especificações de alimentação dos equipamentos listados – correspondentes aos apresentados no *layout* (figura 4).



 BOSCH		
Caderno de Encargos	ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843	CE-XXXX PAG. 10 DE 12
Emissor: Júlio Silva	Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com	Data: XX-XX-2015

3. Abate de Equipamentos

3.1 Máquina de lavar S842

Tal como indicado no capítulo "2. Transformação", a máquina de lavar da secção 842 é para proceder ao abate e desmantelamento. A empresa selecionada é responsável pelo desmantelamento e tratamento da sucata devendo apresentar proposta de valorização da mesma. Cabe à empresa providenciar todos os meios de manuseamento e transporte dos elementos da máquina de modo seguro.

O equipamento em questão está identificado com uma cruz branca na figura 6.

A referência do equipamento em questão é 885241/001.

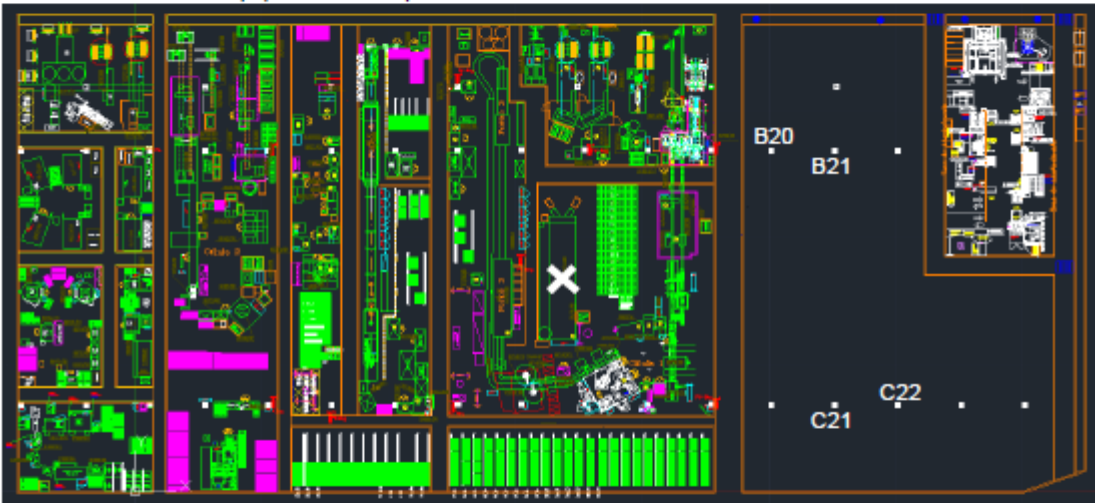


Figura 6 – Layout atual com destacamento de máquina de lavar a abater, de quadro elétrico QEP 5.0 e de identificação de pilares(C21, por exemplo).

4. Requisitos de Ligações Elétricas

Em termos de ligações elétricas na área proposta referente ao novo layout vamos considerar as seguintes condições:

- Sobre a máquina 887261/001 (legenda "5" na figura 4) está um cabo XV 5x25 mm², que é servido no QEP5.0 (pilar C22) pelo circuito n.º2.
- Deve ser efetuado o fornecimento /montagem e ligação de canaliz KNA 63 A 5 polos c/ 6 tomadas que alimentarão os equipamentos número "2", "4", "Y" e "5".
- Na esteira, caminho de cabos, junto ao pilar B20 existem 2 cabos em paralelo 3x50 +25 estando marcados um com "N" (neutro) e outro com "terra". Devem ser encaminhados para alimentar a máquina de lavar (legenda "18" na figura 4), ajustando o comprimento se necessário. (Saída no PT2 bloco D8). Deve ser confirmado que a máquina tem proteção das pessoas por diferencial. Prever instalar e proceder à instalação se não existir.
- No pilar B21 existe um cabo reserva Xv 3x16 +2x10 (proteção no QEP5.0, circuito 6). Deve ser efetuado o fornecimento /montagem e ligação de canaliz KNA 63 A 5 polos com 6 tomadas que alimentarão as máquinas número "1", "h", "i" e "j".

Mod. n.º TEF-XXX, rev. n.º XX



BOSCH

Caderno de Encargos

ALTERAÇÃO DE LAYOUT S843

CE-XXXX

PAG. 11 DE 12

Emissor: **Júlio Silva**

Email: Fixed-term.julio.silva2@bcn.bosch.com

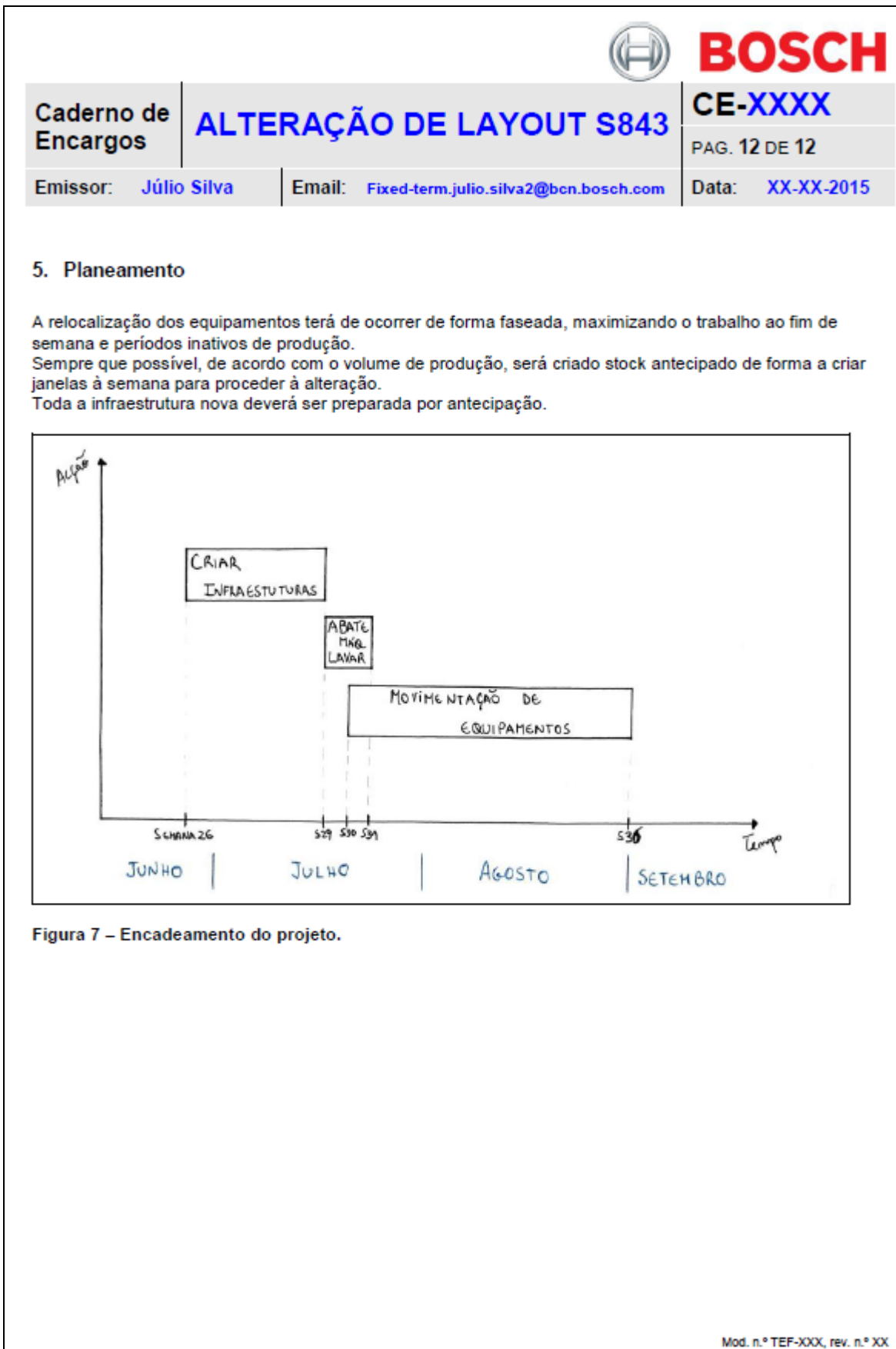
Data: XX-XX-2015

- Existem 3 canais instalados e com proteções no QEP 5.0, localizadas próximo das seguintes máquinas: 0100000301 (legenda "17" na figura 4); 887537/001 (legenda "9" na figura 4) e 886671/001 (legenda "15" na figura 4), onde serão ligadas as restantes máquinas.

É importante referir ainda que:

- Os pilares e a cobertura da fábrica não podem ser usados para suportar cargas, devem ser privilegiados apoios nos equipamentos ou ao solo.
- Quem executar trabalhos em redes de gás tem de apresentar documentos conforme pede a legislação.
- As tubagens para fluídos devem ser devidamente limpas, desengorduradas e pintadas nas cores especificadas pela Norma de Engenharia NE 001.
- As chaminés devem ser previamente comunicadas a HSE para efeito de registo de cadastro.

Mod. n.° TEF-XXX, rev. n.° XX



ANEXO B: Exemplo de documento de confirmação de processo

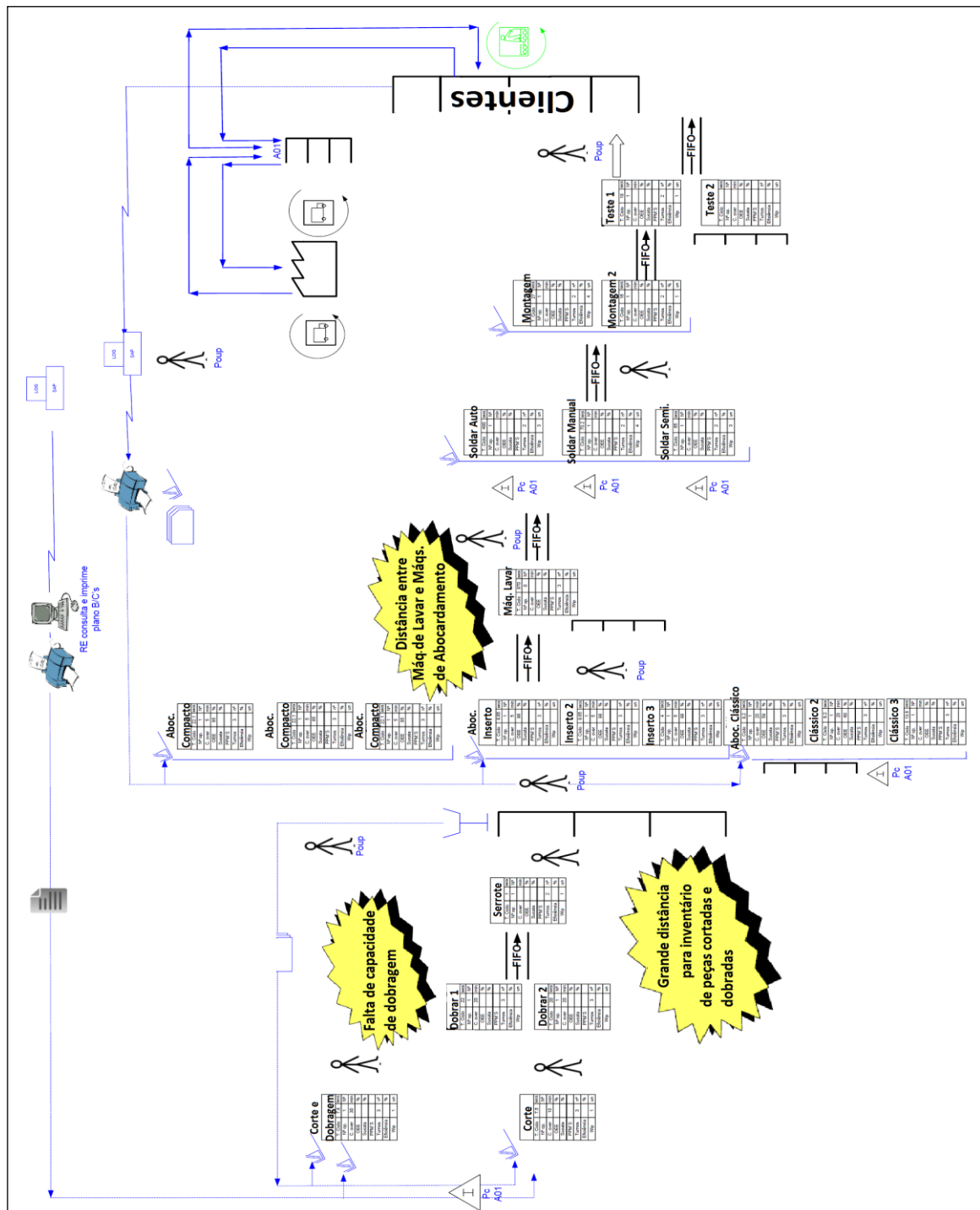
Confirmação de Processo: Checklist para o Trabalho Normalizado				BOSCH	
Assinale com uma cruz o standard que pretende confirmar:				Trabalho Directo:	TPM:
				Abastecimentos:	QCO:
Linha / Célula / Processo: <u>Mobitec</u>				Data: <u>24/02/2015</u>	
Posto: <u>61</u>				Turno: <u>1</u>	
Produto (Gama / Referência ou Circuito): <u>Tubo 8700 715 234</u>				Realizado por: <u>Julio Silva</u>	
N.º	Confirmação de Processo - Trabalho Normalizado	Sim	Não	Desvios, notas.	
1	O operador conhece os seus standards (ex: trabalho normalizado, instrução de produção e qualidade, layout, preenchimento de documentação de controlo, circuitos de MA, circuitos de QCO)? <u>está devidamente treinado de acordo com as policompetências a fazer</u>	<input checked="" type="checkbox"/>		(Salvo sublinhado)	
2	A sequência de trabalho observada está de acordo com o standard?	<input checked="" type="checkbox"/>		(E os tubos já não estavam a ser retirados?)	
3	O stock em curso (WIP) está de acordo com as quantidades indicadas no standard (trabalho directo: ver folha do layout; abastecimentos: no final da rota todas as caixas estão vazias; armazém: o stock encontra-se dentro das áreas definidas; n/a a TPM e QCO)?	<input checked="" type="checkbox"/>			
4	Os controlos manuais/visuais e os processos críticos de qualidade estão a ser cumpridos? (Produção: Verificar registos dos planos de controlo; Verificar PokaYoka e Jidoka; Armazém: condições de carga, CMR's, condições da viatura) ??	<input checked="" type="checkbox"/>			
5	Os limites de reacção estão de acordo com o trabalho normalizado, estão visíveis e são cumpridos? Os desvios ao trabalho standard são registados?	<input checked="" type="checkbox"/>			
N.º	Melhorias no Trabalho Normalizado	Sim	Não	Notas, potenciais de melhoria.	
1	Existe uma forma mais correcta/fácil para realizar as operações descritas no standard (ex: eficiência, risco de falha, manuseamentos, segurança, dificuldade de acessos, metodologia, etc)?	<input checked="" type="checkbox"/>			
2	Existem peças/componentes acumulados entre processos/postos? Se sim, porquê? (n/a a TPM e QCO)		<input checked="" type="checkbox"/>		
3	O operador espera pelo equipamento (Tempo de ciclo de máquina superior ao tempo de ciclo do operador)?	<input checked="" type="checkbox"/>		por vezes pede mobitec	
4	O operador está a realizar tarefas fora do standard (operações extra, etc.)?	<input checked="" type="checkbox"/>		Limpou a máquina de tubos	
5	O operador recebe informações claras do processo (ex: tempo de ciclo, tempo de paragem, defeitos, problemas, etc.)?		<input checked="" type="checkbox"/>		
6	Os equipamentos param após utilização do Pull Cord?	<input checked="" type="checkbox"/>			
7	Qual a data da última actualização ao standard (considerar todos os documentos do posto de trabalho)? E evidente uma metodologia de melhoria contínua dos standards?				
Tempo de ciclo Planeado: ? segundos / min (riscar o que não interessa)					
Medição de Tempos (tempo de ciclo + tempo de espera)					
1	<u>28,66</u>	<u>5</u>			
2	<u>28,63</u>	<u>5</u>			
3	<u>28,08</u>	<u>5</u>			
4	<u>27,67</u>	<u>5</u>			
5	<u>26,78</u>	<u>5</u>			
6					
7					
8	<u>$\Sigma = 27,94$</u>				
9	<u>$/5$</u>				
10					
Notas adicionais: <u>E os tubos foram retirados de máquina automática</u>					
<u>Melhoria QCO</u>					
<u>na lubrificação tubo</u>					

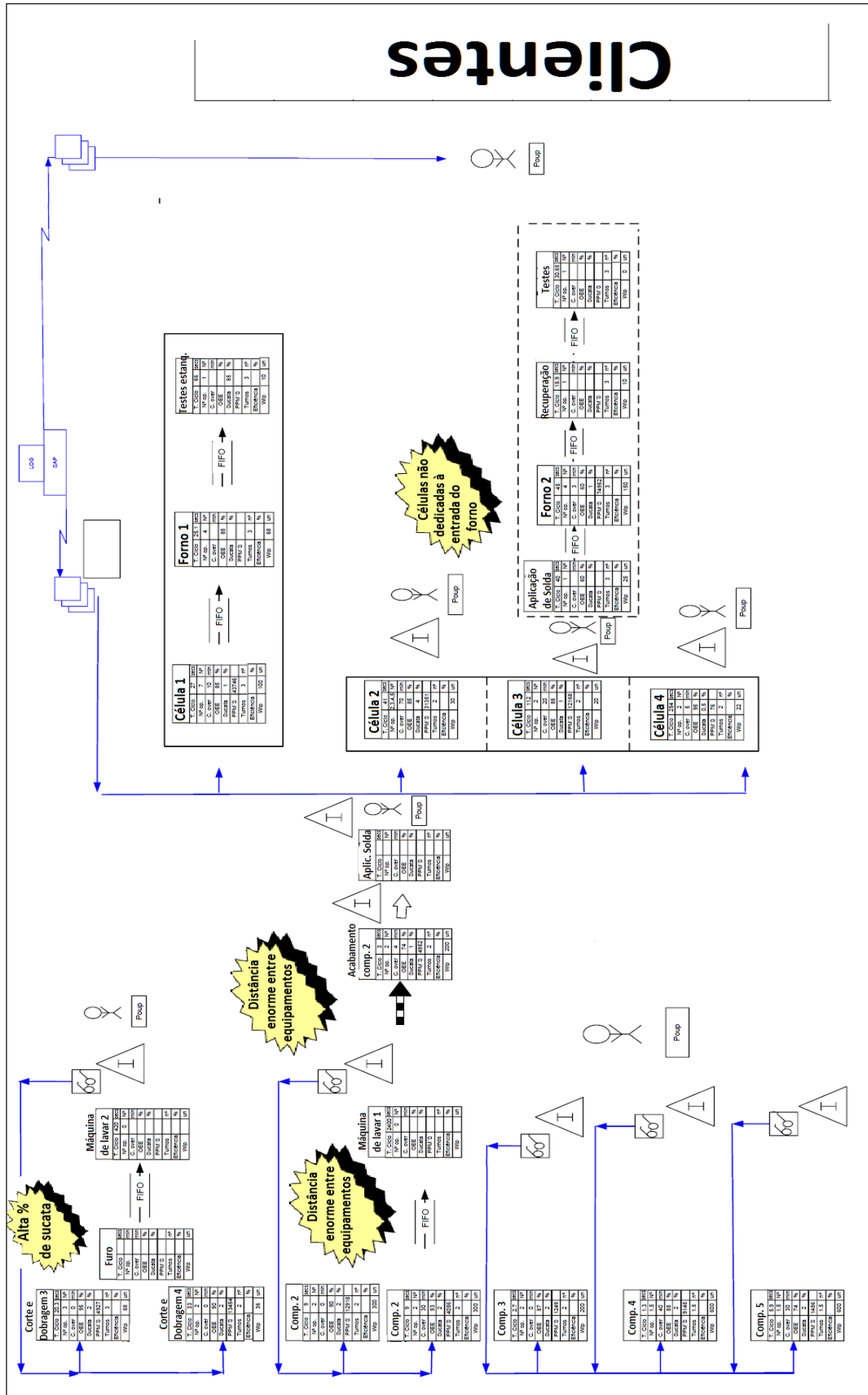
Versão 10 de 20.11.2012 - 11

AvP/BPS 20-11-2012 Bosch Production System

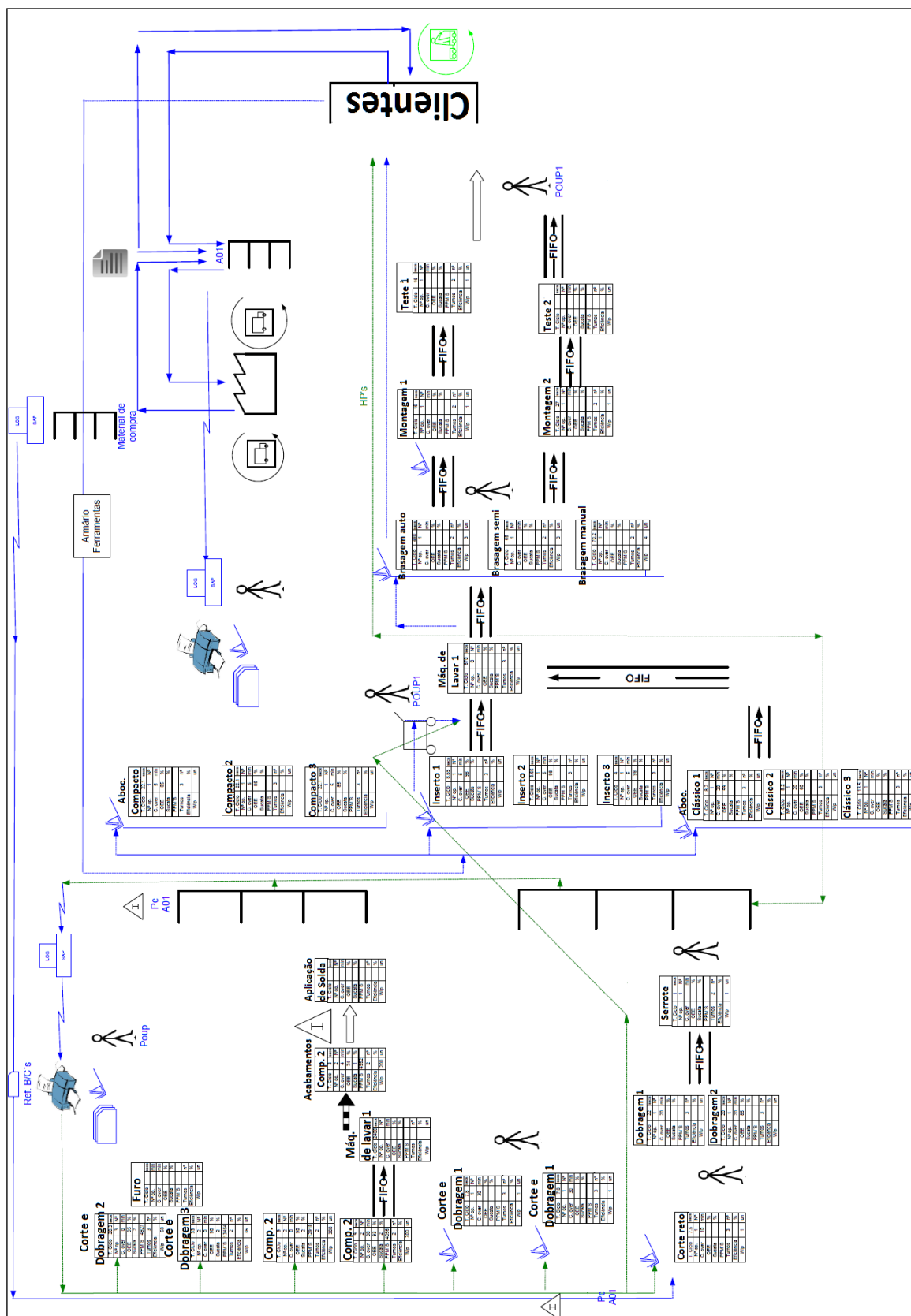
ANEXO C: Value Stream Mappings e Value Stream Design

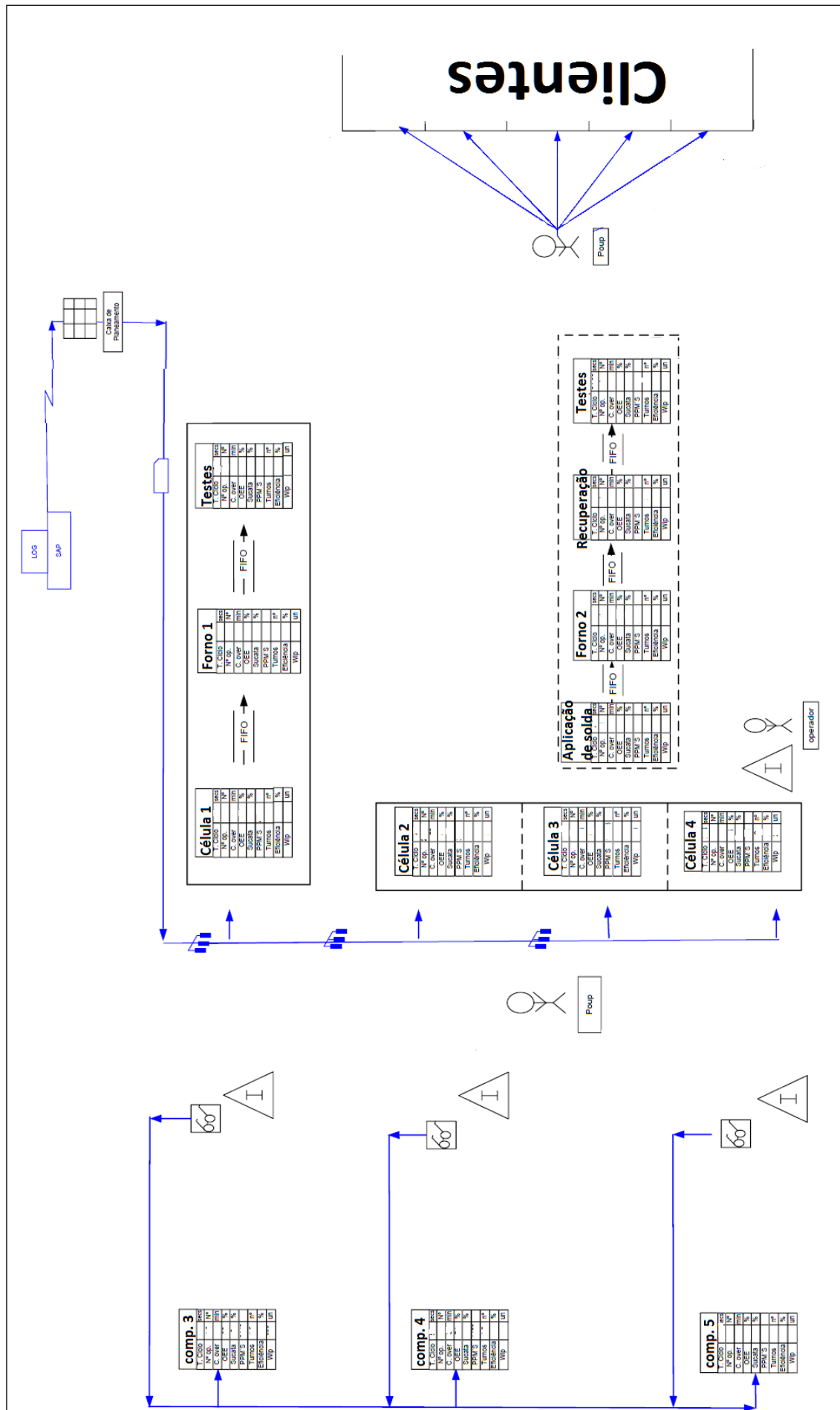
Value Stream Mapping



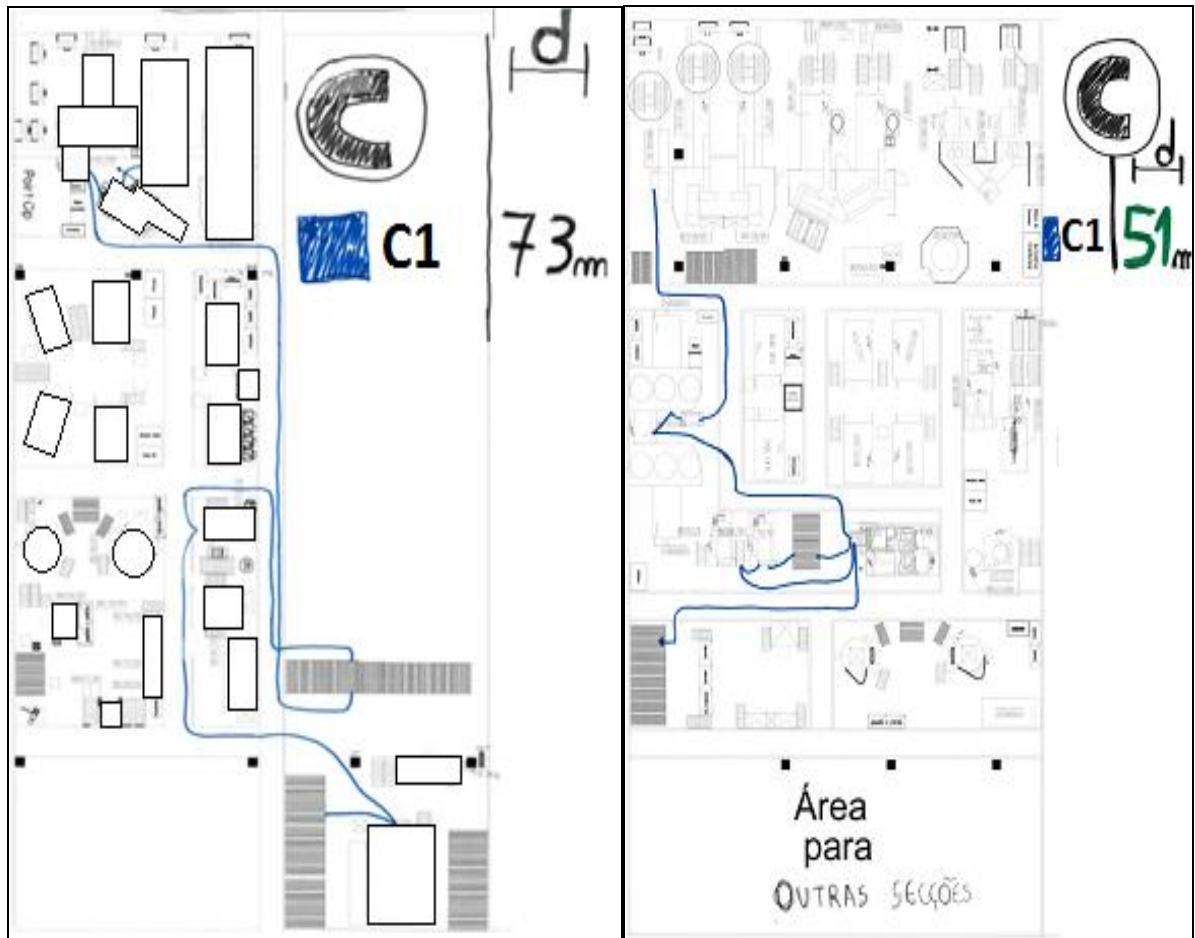


Value Stream Design

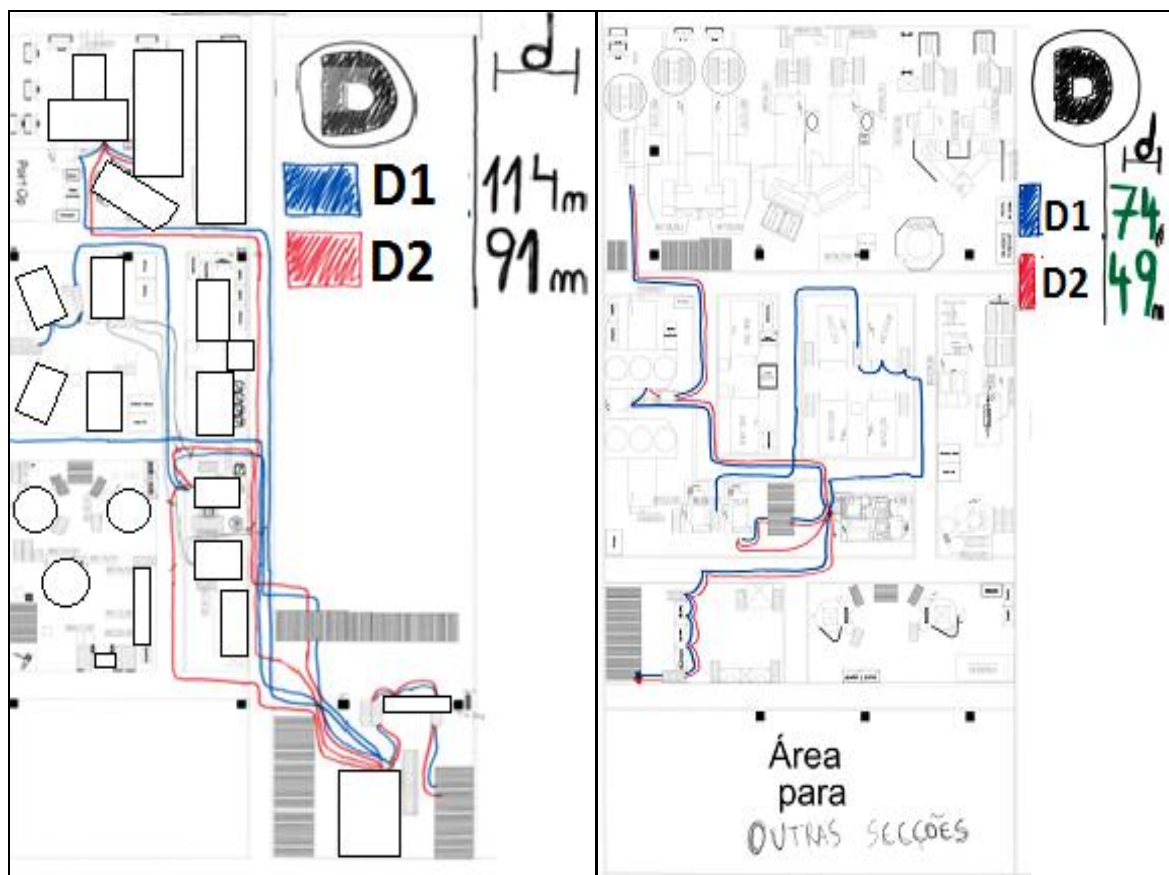




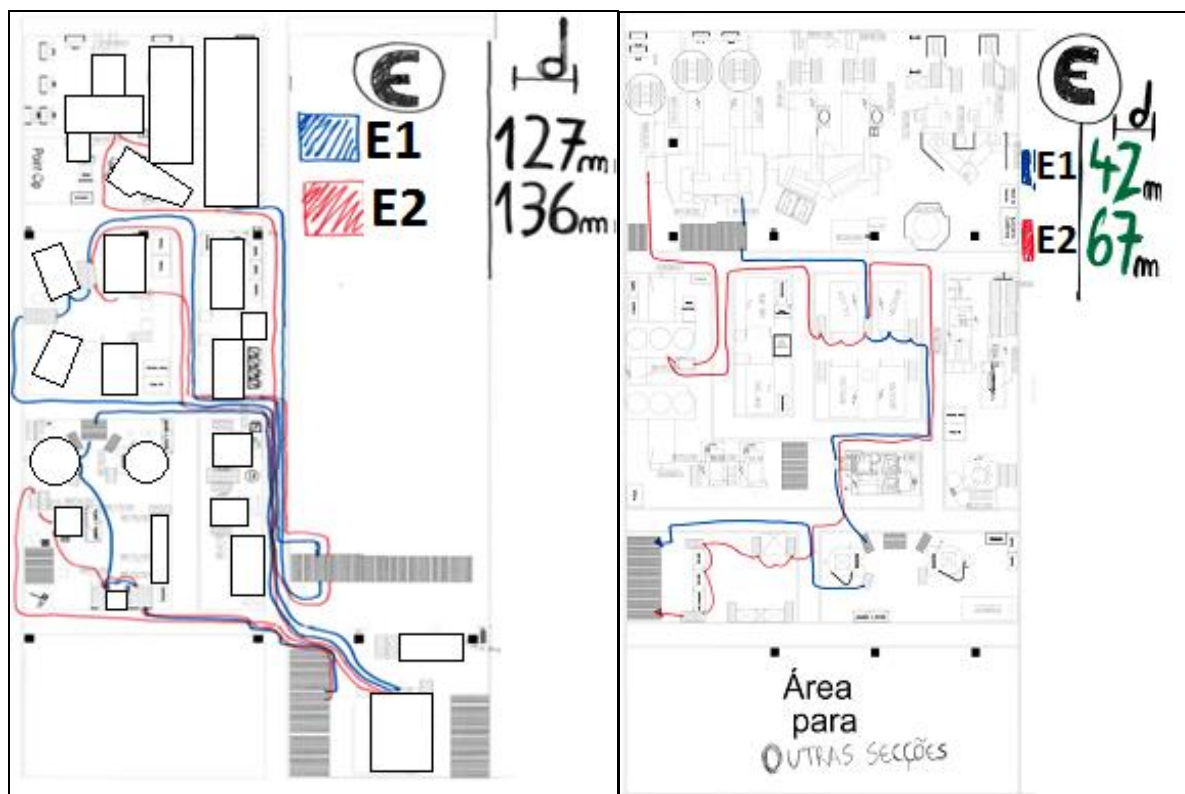
ANEXO D: Spaghetti Diagrams



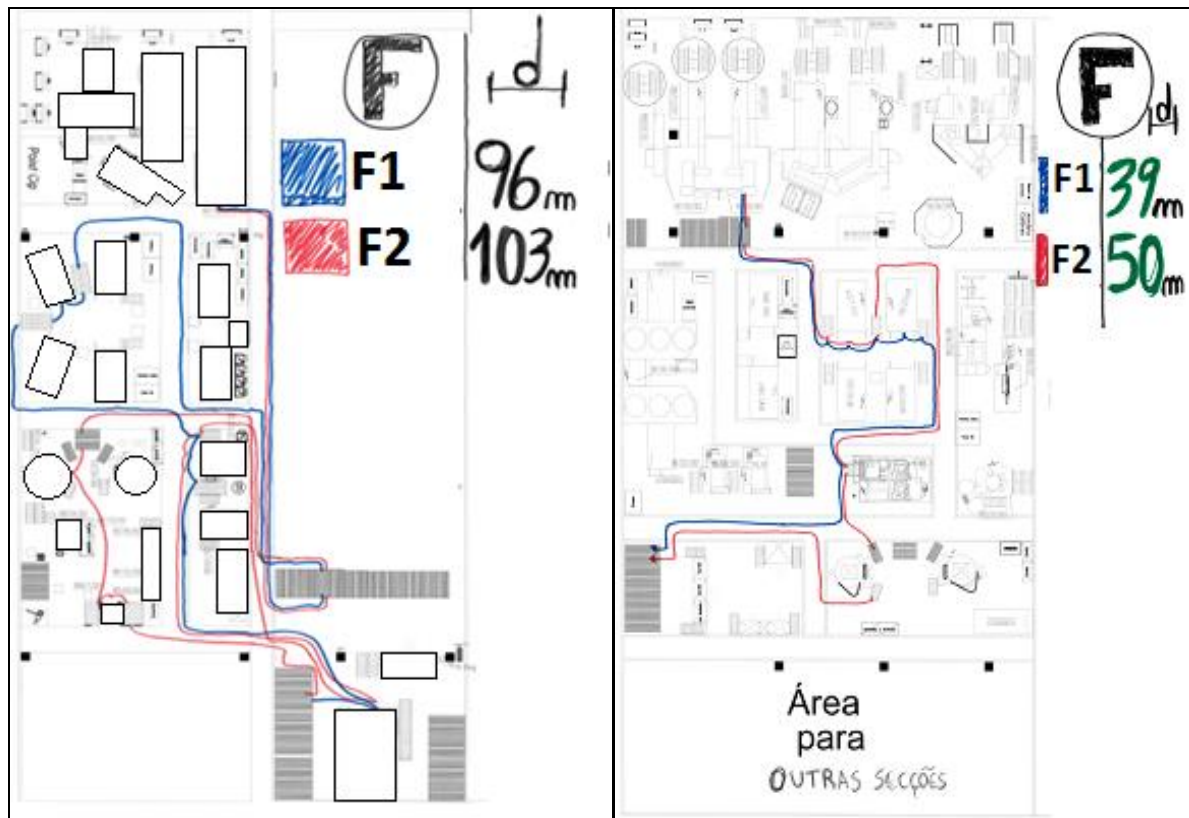
Spaghetti Diagrams da situação atual e proposta referente à família C de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.



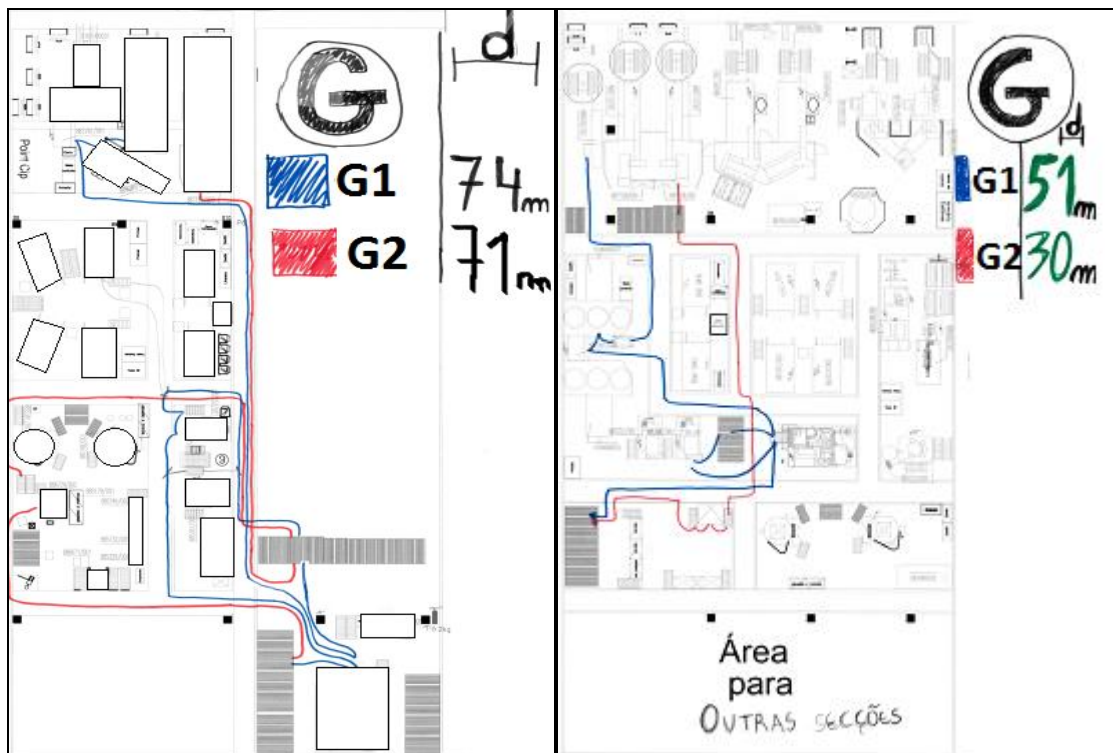
Spaghetti Diagrams da situação atual e proposta referente à família D de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.



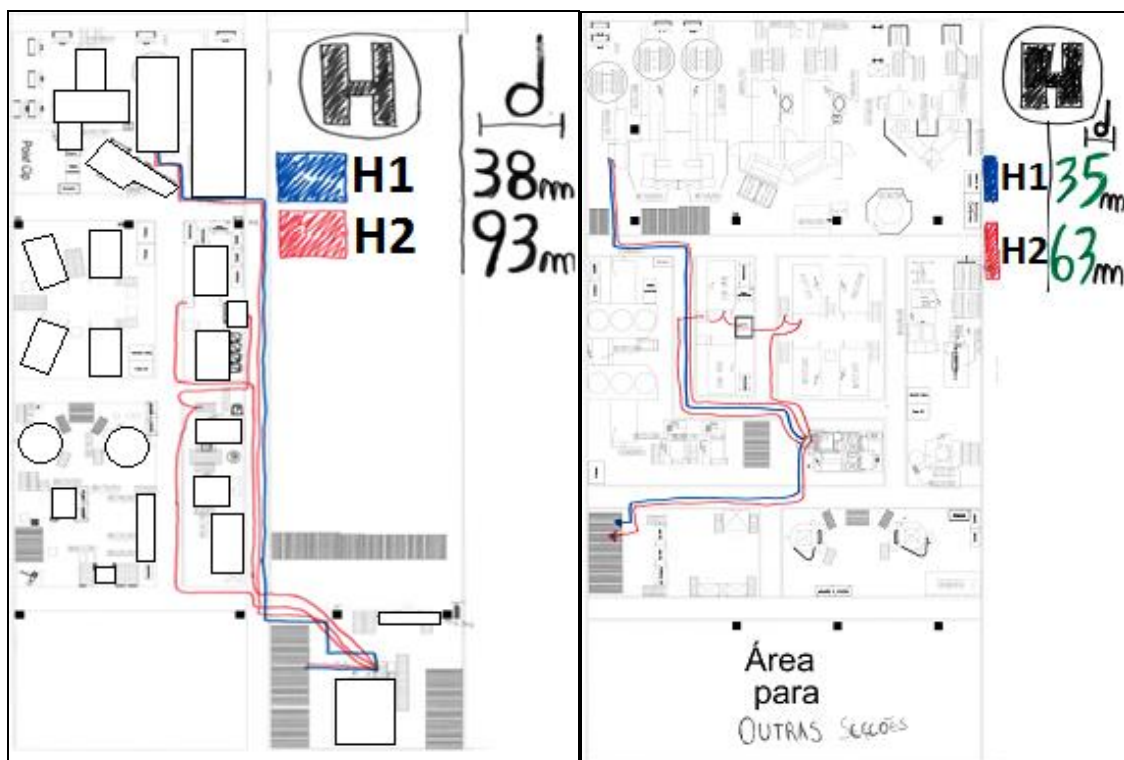
Spaghetti Diagrams da situação atual e proposta referente à família E de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.



Spaghetti Diagrams da situação atual e proposta referente à família F de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.

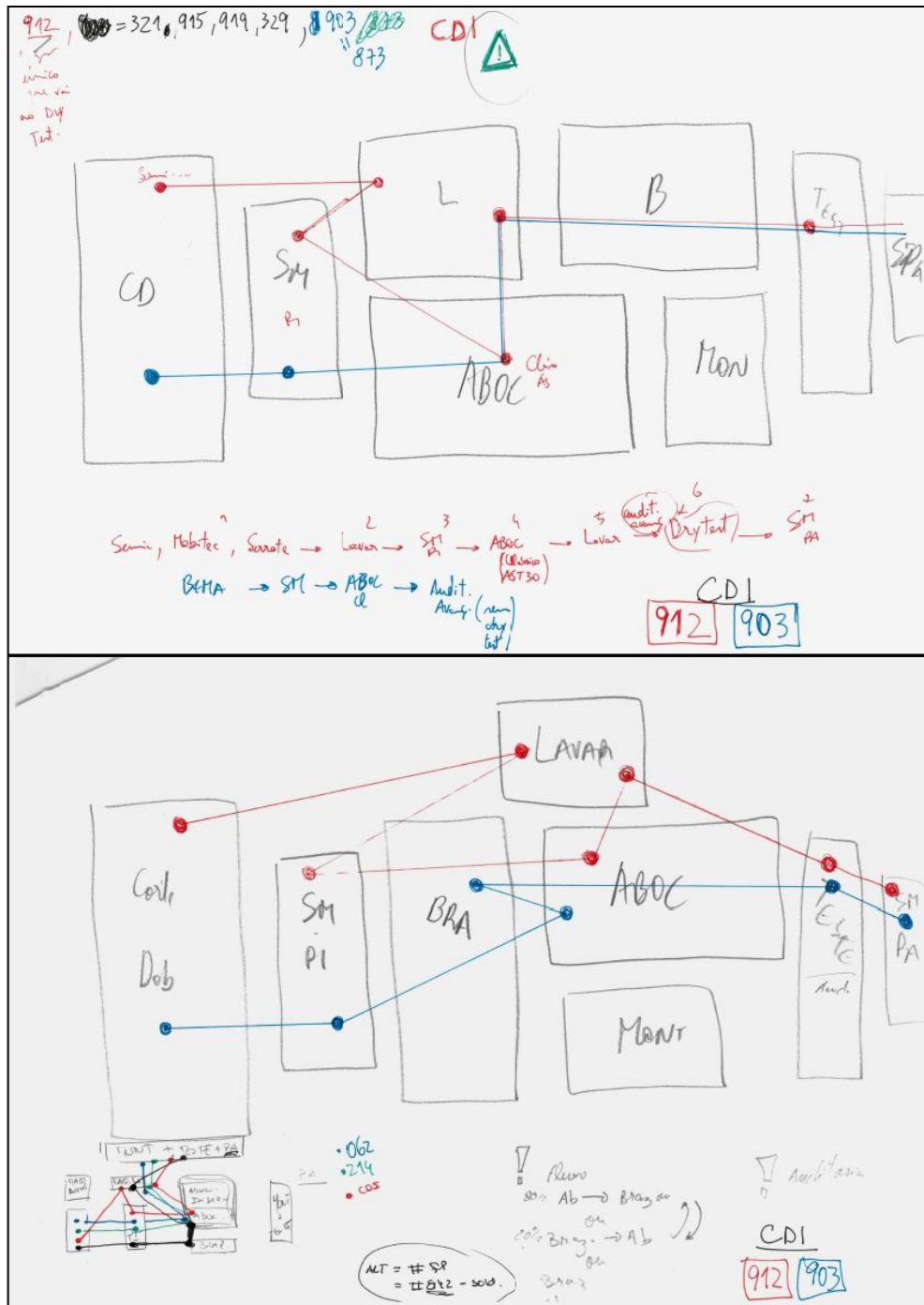


Spaghetti Diagrams da situação atual e proposta referente à família G de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.

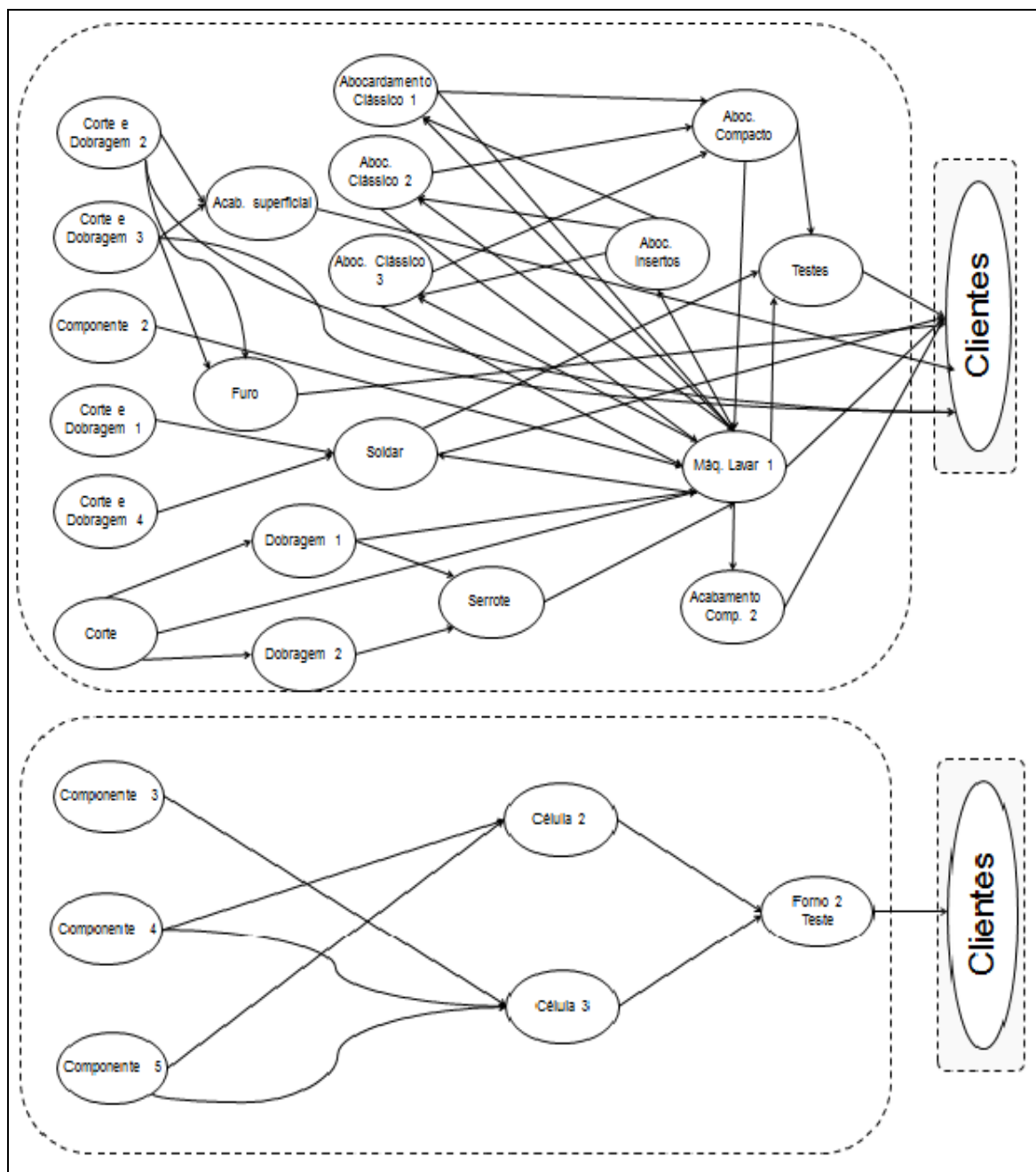


Spaghetti Diagrams da situação atual e proposta referente à família H de tubos de cobre e respetiva distância percorrida, d.

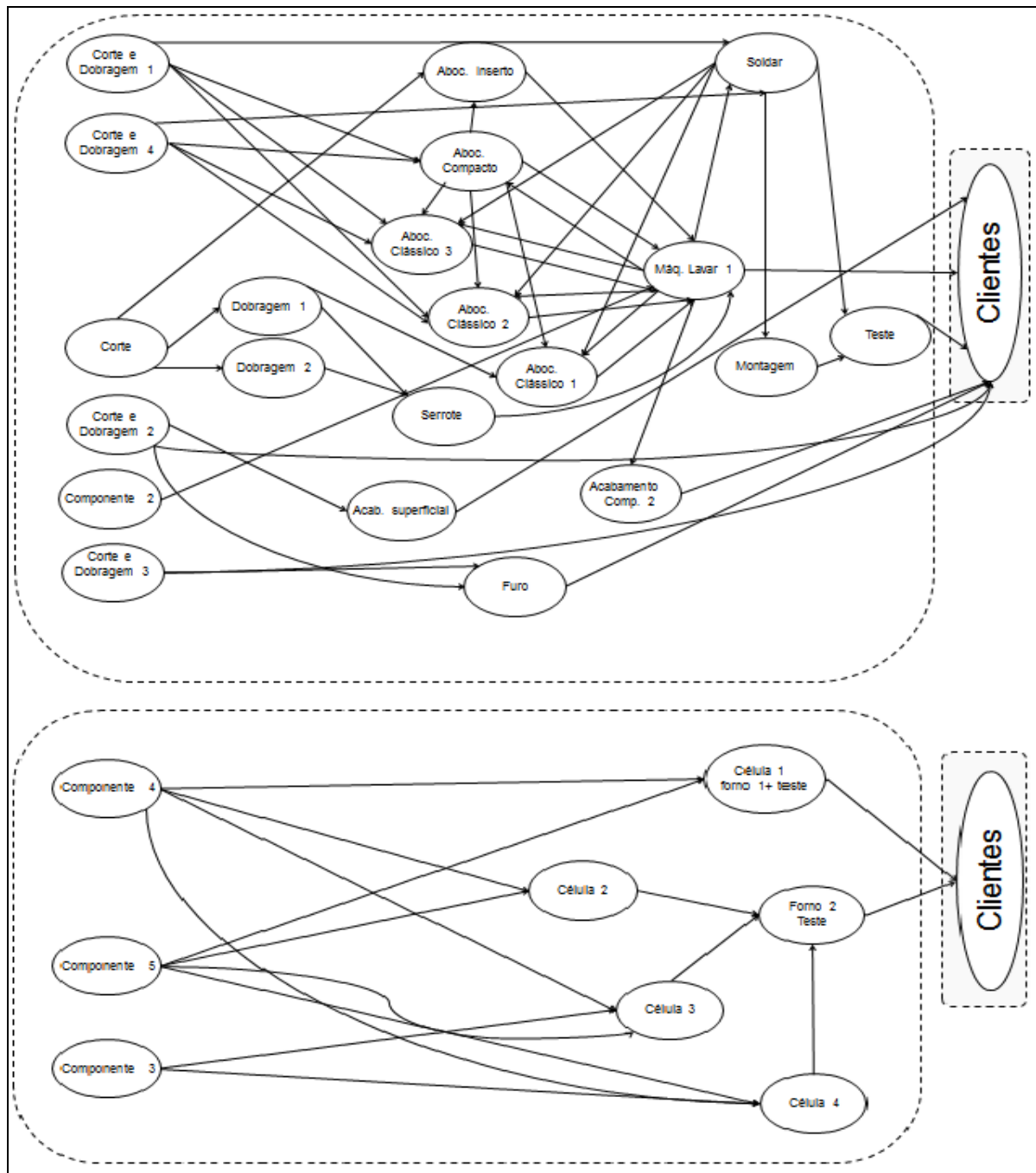
ANEXO E: Bubble Diagrams



Exemplos de rascunhos iniciais de *Bubble Diagrams* por áreas da família D de tubos de Cobre



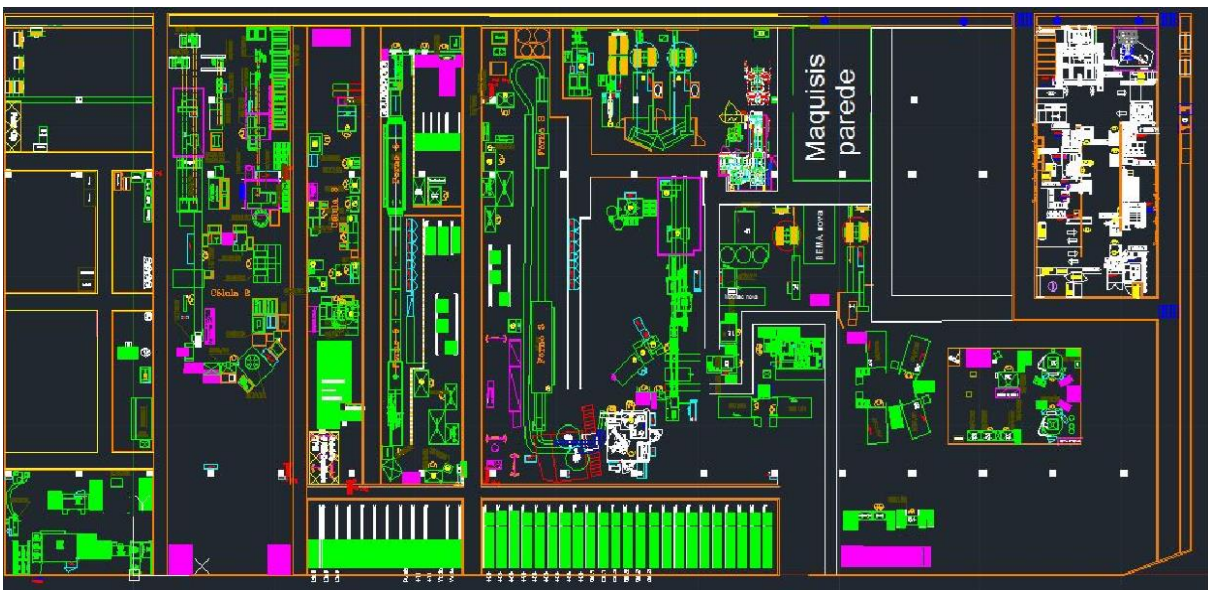
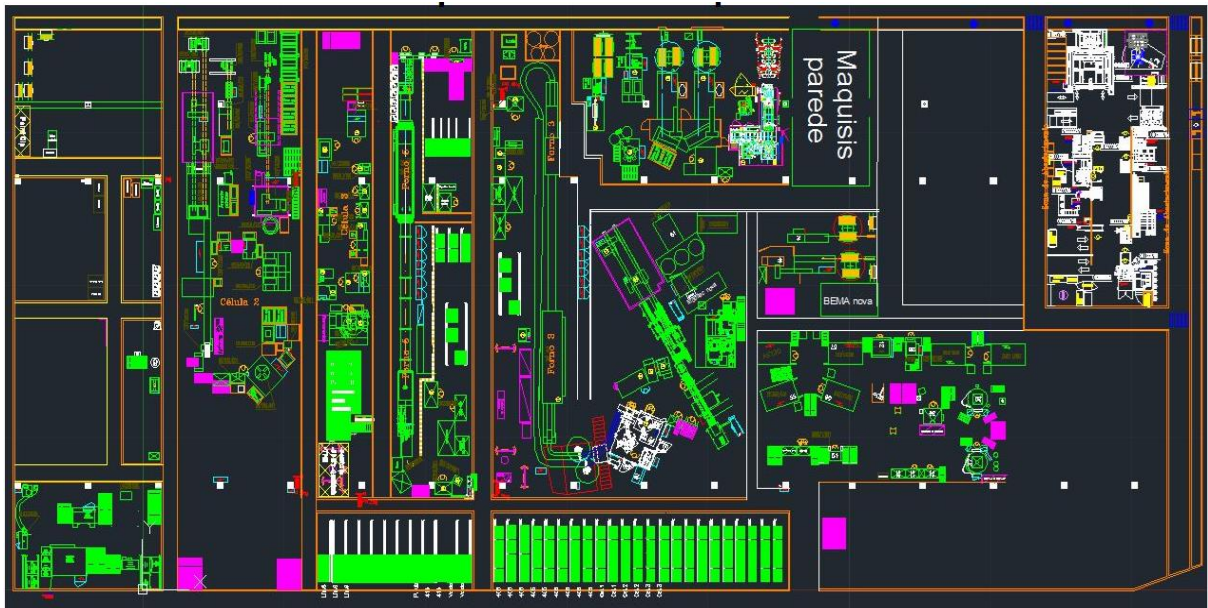
Bubble Diagrams Design ilustrativos dos processos produtivos de tubos de cobre (em cima) e de câmaras de combustão (em baixo) para caldeiras.



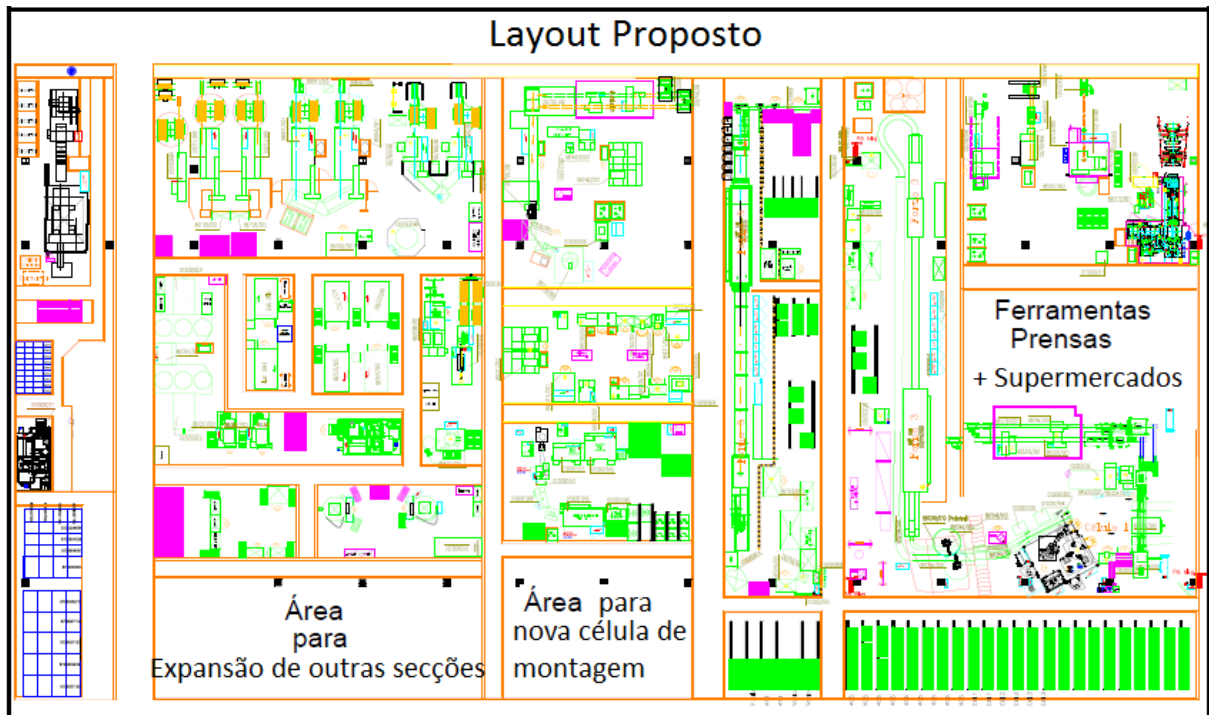
Bubble Diagrams Design ilustrativos dos processos produtivos de tubos de cobre (em cima) e de câmaras de combustão (em baixo) para esquentadores.

ANEXO F: Processo iterativo de propostas de *layout*

Exemplos de propostas de *layout* apresentadas:








Layout proposto final:



ANEXO G: QCO de equipamento de dobragem com mandril

Máquina de dobrar			
Operações QCO			
N.º	Descrição	Ti	Tinovo
	Início	00:00:00	00:00:00
1	Pegar chave de "umbrako", despertar e retirar barra estabilizadora (1 parafuso M5) Pegar Aparafusadora, despertar e retirar barra estabilizadora	00:00:11	00:00:05
2	Pegar chave de "umbrako" e desapertar parafusos da torre levemente (6 parafusos M5) Pegar Aparafusadora e desapertar parafusos da Torres	00:01:02	00:00:19
3	Mover mesa para melhoria de posição de desaperto da torre	00:00:03	
4	Pegar chave de "umbrako" e desapertar parafusos da torre (3 parafusos M5) Pegar Aparafusadora e desapertar parafusos da torre	00:00:49	
5	Mover mesa para melhoria de posição de desaperto da torre	00:00:04	
6	Pegar chave de "umbrako" e desapertar parafusos da torre (3 parafusos M5) Pegar Aparafusadora e desapertar parafusos da torre	00:00:47	
7	Pegar em chave de fendas e martelo para desencravar torre da base	00:00:22	00:00:22
8	Retirar e guardar torre	00:00:15	00:00:15
9	Retirar e guardar deslizadeira cuja fixação é com pino	00:00:09	00:00:09
10	Escolher e transportar nova deslizadeira e mordças para instalação e pousá-las num tabuleiro de auxílio fixado à máquina	00:00:09	00:00:09
11	Colocar deslizadeira de aperto rápido	00:00:14	00:00:14
12	Pegar chave "umbrako" e desapertar parafusos da mordça principal (3 parafusos M6) Pegar Aparafusadora, mudar ponteira e desapertar parafusos da mordça principal	00:01:03	00:00:19
13	Guardar deslizadeira (que foi retirada) e pegar na mordça que se encontra pousada no tabuleiro de auxílio fixado à máquina	00:00:07	00:00:07
14	Apertar parafusos das mordças com chave de "umbrako" (2 parafusos M4) Pegar Aparafusadora, mudar ponteira e desapertar parafusos das mordças	00:00:53	00:00:16
15	Pousar chave de "umbrako" e desapertar os parafusos das pinças (3 parafusos M4) Pegar Aparafusadora e desapertar parafusos das pinças	00:00:46	00:00:11
16	Abriu pinças automaticamente na consola deslocando-se pelo interior da máquina à mesma	00:00:04	00:00:04
17	Recolher pinças e guardar	00:00:07	00:00:07
18	Pega em novas pinças e coloca-as numa plataforma da máquina próxima da zona em que vão ser inseridas	00:00:03	00:02:06
19	Deslocar pelo exterior da máquina à parte de trás e recolhe o mandril, levando-o à zona onde estão armazenados os outros mandris	00:00:32	
20	Escolhe mandril novo mandril e desloca-se à parte de trás da máquina para o inserir	00:01:31	
21	Desloca-se à frente da máquina	00:00:12	
22	Pegar em chaves "umbrako" e apertar parafusos das pinças (3 parafusos M4)	00:01:28	00:00:11
23	Deslocar pelo interior da máquina à consola e apertar pinças (automático)	00:00:03	00:00:03
24	Pegar em torre nova e martelo, para a inserir e fixar sem parafusos	00:00:18	00:00:18
25	Pegar em chaves "umbrako" e apertar torre (6 parafusos M5) Pegar Aparafusadora, mudar ponteira e apertar torre	00:03:37	00:00:29
26	Colocar barra estabilizadora e apertar parafuso (1 parafuso M5) Pegar Aparafusadora e apertar torre	00:00:12	00:00:05
27	Deslocar pelo exterior da máquina à consola para alterar o programa do tubo	00:00:11	00:00:11
28	Seleccionar e carregar o programa para o novo tubo	00:00:48	00:00:48
29	Ensaiar em vazio	00:00:18	00:00:18
30	Pegar tubo, colocar na máquina e produzir	00:00:19	00:00:19
31	Controlar o 1º tubo produzido (com calibre)	00:00:42	00:00:42
32	Rectificar o programa (na consola)	00:00:22	00:00:22
33	Colocar máquina na posição inicial e produzir 2º tubo	00:00:23	00:00:23
34	Controlar o 2º tubo	00:00:32	00:00:32
35	Produzir 3º tubo	00:00:24	00:00:24
36	Controlar 3º tubo	00:00:22	00:00:22
37	Rectificar o programa (na consola)	00:00:31	00:00:31
38	Fazer "origem" à máquina	00:00:15	00:00:15
39	Produzir 4º tubo	00:00:12	00:00:12
40	Controlar 4º tubo	00:00:34	00:00:34
41	Rectificar o programa (na consola)	00:00:23	00:00:23
42	Fazer "origem" à máquina	00:00:13	00:00:13
43	Produzir 5º tubo	00:00:15	00:00:15
44	Controlar 5º tubo	00:00:32	00:00:32
45	Rectificar o programa (na consola)	00:00:34	00:00:34
46	Fazer "origem" à máquina	00:00:14	00:00:14
47	Produzir 6º tubo	00:00:12	00:00:12
48	Controlar 6º tubo --> Tubo OK !!!	00:00:28	00:00:28
TOTAL:		00:23:45	00:14:33

ANEXO H: Instruções Visuais para controlo de serpentinas

 BOSCH		INSTRUÇÃO VISUAL		IV-00XX	
SECÇÃO S842		PROCESSO DE CONTROLO DE SERPENTINAS DE ÁGUA FRIA AO CALIBRE		Página 1 de 2 N.º inventário: 887088/001 Posto n.º: 189	
		1º Pegar na serpentina de água fria (AF) e colocá-la na posição correspondente;			
		2º Inserir a serpentina no calibre, inicializando a tarefa pelo lado do troço abocardado e garantir que todas as alavancas e P/NP estão em posição recuada;			
		3º Verificar a concordância dos troços da serpentina com os suportes do calibre;			
		4º Ativar alavancas para bloquear a serpentina (troço bloqueado pelas alavancas é o troço de referência na fixação ao calibre);			
Revisão n.º	00				
Data					
Responsável	MOE3-D.COSTA				
Data	2015-04-13	Elaborado MOE3-J. SILVA	Responsável MOE3-D.COSTA	TEF C. Gonçalves	

Mod. n.º TEF-1122, rev. n.º 00

 BOSCH		INSTRUÇÃO VISUAL		IV-00XX
SECÇÃO S842		PROCESSO DE CONTROLO DE SERPENTINAS DE ÁGUA FRIA		Página 2 de 2 N.º inventário: 887088/001 Posto n.º: 189
				5º Confirmar posição dos troços verticais da serpentina através da peça de controlo P/NP;
				6º Confirmar comprimento inicial e final da serpentina através da marca efetuada no calibre;
				7º Caso se verifique algum desvio na serpentina, o operador deve corrigir esse desvio (de acordo com a IO) e repetir o controlo no calibre, avisando o responsável de equipa. Em caso de desvios consideráveis, deve informar os responsáveis de processo;
<p>Notas:</p> <p>Todos os utilizadores devem garantir a limpeza do calibre no final da sua utilização, nomeadamente no final do turno correspondente.</p>				

 BOSCH		INSTRUÇÃO VISUAL		IV-00XX	
SECÇÃO S842		PROCESSO DE CONTROLO DE SERPENTINAS DE ÁGUA QUENTE		Página 1 de 2 N.º inventário: 887089/001 Posto n.º: 190	
		1º Pegar na serpentina de água quente (AQ) e colocá-la na posição correspondente;			
		2º Inserir a serpentina ao calibre, começando pelo troço de ligação ao inserto e garantir que todas as alavancas e P/NP estão em posição recuada;			
		3º Verificar a concordância dos troços da serpentina com os suportes do calibre;			
		4º Ativar alavancas para bloquear a serpentina (troço bloqueado pelas alavancas é o troço de referência na fixação ao calibre);			
Revisão n.º	00				
Data	2015-04-13				
Responsável	MOE3-D.COSTA				
Data	2015-04-13	Elaborado MOE3-J. SILVA	Responsável MOE3-D.COSTA	TEF C. Gonçalves	

Mod. n.º 1EF-1122, rev. n.º 00

 BOSCH		INSTRUÇÃO VISUAL		IV-00XX
SECÇÃO S842		PROCESSO DE CONTROLO DE SERPENTINAS DE ÁGUA QUENTE		Página 2 de 2 N.º inventário: 887089/001 Posto n.º: 190
				5º Confirmar posição dos troços verticais da serpentina através da peça de controlo P/NP;
				6º Confirmar comprimento inicial e final da serpentina através da marca efetuada no calibre;
		7º Caso se verifique algum desvio na serpentina, o operador deve corrigir esse desvio e repetir o controlo no calibre (de acordo com a IO), avisando o responsável de equipa. Em caso de desvios consideráveis, deve informar os responsáveis de processo.		
Notas: Todos os utilizadores devem garantir a limpeza do calibre no final da sua utilização, nomeadamente no final do turno correspondente.				